UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

EVALUACIÓN DE GRANOS DE CACAO (*Theobroma Cacao* L.) DE DOS GENOTIPOS, EN DIFERENTES TIEMPOS DE COSECHA, PARA LA OBTENCIÓN DE UN PRODUCTO CON MEJORES CARACTERÍSTICAS DE CALIDAD, EN EL DISTRITO DE NESHUYA

Tesis para optar el título profesional de

INGENIERO AGROINDUSTRIAL

JAIME JACOB SALAS SATALAYA

Pucallpa, Perú

2026

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AGROINDUSTRIAL
CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERIA AGROINDUSTRIAL

ANEXO 4

ACTA DE SUSTENTACION DE TESIS

Los Miembros del Jurado que suscriben, reunidos para estudiar y escuchar la sustentación de tesis, presentado por **JAIME JACOB SALAS SATALAYA**, denominado **"EVALUACION DE LA CALIDAD DE GRANOS DE CACAO (Theobroma Cacao L.) DE DOS GENOTIPOS, EN DIFERENTES TIEMPOS DE COSECHA, PARA OBTENER UNA MEJOR CALIDAD, EN EL DISTRITO DE NESHUYA"**, para cumplir con el requisito académico o Titulo Profesional de **INGENIERO AGROINDUSTRIAL**.

Teniendo en consideración los méritos del referido trabajo, así como los conocimientos demostrados por el sustentante lo declaramos; APROBADO, con el calificativo (*) 17 DIECISIETE

En consecuencia, queda en condición de ser considerado Apto por el Consejo Universitario y recibir el título de **INGENIERO AGROINDUSTRIAL**, de conformidad con lo estipulado en los Art. 3 y 6 del reglamento para el otorgamiento de grado académico de bachiller y titulo profesional de la Universidad Nacional de Ucayali.

Pucallpa 20 de agosto Del 2026.

Ing. Alex Rengifo Zumaeta. Dr.
Presidente

Ing. José Manuel Ramirez Vasquez. M.Sc.
Primer Miembro

Ing. Cristina Elena Quiñones Ruiz. Dr.
Segundo Miembro

Ing. Carlos Ruiz Padilla. M.Sc.
Asesor

(*) De acuerdo con el Art. 21 del Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Nacional de Ucayali, estas deberán ser calificadas con términos de Sobresaliente, Aprobado por Unanimidad, Aprobado por Mayoría y Desaprobado.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AGROINDUSTRIAL

CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERIA AGROINDUSTRIAL

ACTA DE APROBACION DE TESIS

Esta tesis fue sometida a consideración para su aprobación por el Jurado Evaluador de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Nacional de Ucayali, integrado por los siguientes docentes:

Ing. Alex Rengifo Zumaeta. Dr. ..... Presidente

Ing. José Manuel Ramirez Vasquez. M.Sc. ..... Primer Miembro

Ing. Cristina Elena Quiñones Ruiz. Dr. ..... Segundo Miembro

Ing. Carlos Ruiz Padilla. M.Sc. ..... Asesor

Bach. Jaime Jacob Salas Satalaya. ..... Tesista

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

DIRECCIÓN DE PRODUCCIÓN INTELECTUAL

CONSTANCIA

ORIGINALIDAD DE TESIS

Nº V/126-2026.

La Dirección de Producción Intelectual de la Universidad Nacional de Ucayali, hace constar por la presente, que la Tesis titulada:

"EVALUACIÓN DE GRANOS DE CACAO (*Theobroma Cacao L.*) DE DOS GENOTIPOS, EN DIFERENTES TIEMPOS DE COSECHA, PARA LA OBTENCIÓN DE UN PRODUCTO CON MEJORES CARACTERÍSTICAS DE CALIDAD, EN EL DISTRITO DE NESHUYA."

Autor(es)	:	**SALAS SATALAYA, JAIME JACOB**
Facultad	:	**CIENCIAS AGROPECUARIAS**
Escuela	:	**ING. AGROINDUSTRIAL**
Asesor(a)	:	**M.Sc. RUIZ PADILLA, CARLOS**

Presenta un **porcentaje de similitud de 5%,** verificado en el Sistema Antiplagio COMPILATIO,

De acuerdo a los criterios de porcentaje establecidos en el articulo 9 de la DIRECTIVA DE USO DEL SISTEMA ANTIPLAGIO, el cual indica: "todo trabajo de investigación no debe superar el 10%". **En tal sentido, se declara, que la TESIS presenta un porcentaje aceptable de similitud,** procediéndose a emitir la presente Constancia a solicitud del asesor.

En señal de conformidad se firma y sella el presente documento.

Fecha: 03/03/2026

Dirección General de Producción Intelectual UCAYALI

Dr. JOSÉ MANUEL CÁRDENAS BERNAOLA
Director de Producción Intelectual

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

DIRECCIÓN DE PRODUCCIÓN INTELECTUAL

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN

Repositorio de la Universidad Nacional de Ucayali

Yo, Jaime Jacob Salas Salaya

Autor de la tesis titulada : "EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE GRANO DE CACAO (Theobroma Cacao L) DE DOS GENOTIPOS, EN DIFERENTES TIEMPOS DE COSECHA, PARA OBTENER UNA MEJOR CALIDAD, EN EL DISTRITO DE NESHUYA"

Sustentada el año 2026

Asesor(a): ING. Carlos Ruiz Padilla. M.Sc.

Facultad: CIENCIAS AGROPECUARIAS

Escuela Profesional: INGENIERIA AGROINDUSTRIAL.

Autorizo la publicación:

PARCIAL [ ] TOTAL [X]

De mi trabajo de investigación en el Repositorio Institucional de la Universidad Nacional de Ucayali (www.repositorio.unu.edu.pe), bajo los siguientes términos:

Primero: Otorgo a la Universidad Nacional de Ucayali licencia no exclusiva para reproducir, distribuir, comunicar, transformar (únicamente mediante su traducción a otros idiomas) y poner a disposición del público en general mi tesis (incluido el resumen) a través del Repositorio Institucional de la UNU, en formato digital sin modificar su contenido, en el Perú y en el extranjero; por el tiempo y las veces que considere necesario y libre de remuneraciones.

Segundo: Declaro que la tesis es una creación de mi autoría y exclusiva titularidad, por tanto me encuentro facultado a conceder la presente autorización, garantizando que la tesis no infringe derechos de autor de terceras personas, caso contrario, me hago único(a) responsable de investigaciones y observaciones futuras, de acuerdo a lo establecido en el estatuto de la Universidad Nacional de Ucayali, la Superintendencia Nacional de Educación Superior Universitaria y el Ministerio de Educación.

En señal de conformidad firmo la presente autorización.

Fecha: 20/08/2026

Email: Jaimesalaz27@hotmail.com Firma:

Teléfono: 965016050 DNI: 47768545

www.repositorio.unu.edu.pe
repositorio@unu.edu.pe

DEDICATORIA

Dedico la presente investigación de tesis, en primer lugar, a Dios, por ser mi guía permanente y brindarme la fortaleza, la paciencia y la sabiduría necesarias para culminar cada etapa de mi formación profesional, incluso en los momentos de mayor dificultad.

A mi familia, por su apoyo incondicional, confianza y constante motivación, quienes fueron un pilar fundamental a lo largo de este proceso académico. Su respaldo moral y emocional me permitió mantener la perseverancia y el compromiso necesarios para alcanzar este importante logro.

A mi pareja, a mis hijos y a mis hermanos, por su comprensión, paciencia y palabras de aliento, así como por acompañarme en los momentos de esfuerzo y sacrificio. Su apoyo sincero fue determinante para continuar avanzando y culminar satisfactoriamente este trabajo de investigación.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a la Universidad Nacional de Ucayali, alma mater de mi formación profesional, por brindarme los espacios académicos y laboratoriales necesarios para la ejecución de la presente investigación.

Mi reconocimiento a los docentes de la Facultad de Ciencias Agropecuarias, de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial, por los conocimientos impartidos durante mi etapa universitaria, los cuales contribuyeron al desarrollo de este trabajo.

Expreso mi especial gratitud al Ing. Carlos Ruiz Padilla, asesor de la presente tesis, por su orientación, tiempo y paciencia durante el desarrollo de la investigación.

Finalmente, agradezco a mis amigos por el apoyo y motivación brindados durante la realización de este trabajo.

ÍNDICE GENERAL

Pág.

DEDICATORIA vi

AGRADECIMIENTO vii

ÍNDICE GENERAL viii

RESUMEN xi

ABSTRACT xii

ÍNDICE DE TABLAS xiii

ÍNDICE DE FIGURAS xvii

INTRODUCCIÓN 1

CAPÍTULO I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 2

1.1. Descripción y fundamentación del problema 2

1.2. Formulación del problema general y específicos 3

1.3. Objetivo general y objetivos específicos 4

1.4. Hipótesis y/o sistema de hipótesis 4

1.5. Operacionalización de las variables 5

1.6. Justificación e importancia 8

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO 10

2.1. Antecedentes 10

2.2. Bases teóricas 16

2.2.1. Generalidades de cacao (Theobroma cacao L.) 16

2.2.2. Descripción botánica 16

2.2.3. Descripción morfológica 17

2.2.4. Distribución en Perú 17

2.2.5. Tipos de cacao 18

2.2.6. Criollo. 18
2.2.7. Forastero. 18
2.2.8. Trinitario. 19
2.2.9. Cacao CCN-51 19
2.3. Beneficio del cacao. 20
2.3.1. Grano de cacao. 20
2.3.2. Cosecha. 20
2.3.3. Quiebre. 20
2.3.4. Fermentación. 21
2.3.5. Secado. 21
2.4. Calidad de los granos 22
2.5. Calidad organoléptica de los granos. 22
2.6. Definiciones conceptuales 23
CAPÍTULO III. METODOLOGÍA 29
3.1. Método de investigación 29
3.2. Tipo y nivel de investigación 29
3.3. Población y muestra 30
3.4. Componentes en estudio 31
3.5. Tratamientos en estudio 32
3.6. Diseño experimental 33
3.7. Ejecución del experimento 35
3.7.1. Ubicación y duración del estudio 35
3.7.2. Condiciones ambientales 36
3.7.3. Proceso experimental 37
3.7.4. Variables evaluadas 40

CAPÍTULO IV. RESULTADOS 43
4.1. Características fisicoquímicas del grano de cacao fresco 43
4.2. Características químicas del grano de cacao seco fermentado……46
4.3. Características físicas del grano de cacao seco fermentado 51
4.4. Características sensoriales del grano seco fermentado de cacao 58
CAPÍTULO V. DISCUSIÓN 65
CAPÍTULO VI. CONCLUSIONES 74
CAPÍTULO VII. RECOMENDACIONES 76
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 78
ANEXOS…….84

RESUMEN

La provincia de Padre Abad, región Ucayali, destaca por su producción de cacao; sin embargo, las deficiencias en el manejo poscosecha pueden afectar la calidad del grano y limitar su competitividad comercial. La presente investigación tuvo como objetivo evaluar la calidad de los granos de cacao (*Theobroma cacao* L.) de los genotipos Aromático y CCN-51 en diferentes momentos de cosecha, mediante el análisis de sus características fisicoquímicas, físicas y sensoriales en estado fresco y seco. El estudio se desarrolló en dos fases: la obtención de materia prima en el fundo "Katy", ubicado en el distrito de Neshuya, provincia de Padre Abad, y la evaluación de las muestras en el Laboratorio de Tecnologías de Frutas y Hortalizas de la Facultad de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Nacional de Ucayali. Se utilizó un Diseño Completamente al Azar con arreglo factorial 2 × 3 y tres repeticiones, considerando como factores el genotipo y el momento de cosecha. Las medias de las variables con diferencias significativas se compararon mediante la prueba de Tukey ($p \leq 0,05$), mientras que los resultados sensoriales se analizaron con la prueba de Friedman. Los resultados mostraron diferencias en la calidad del cacao según los factores evaluados. El genotipo Aromático destacó por sus características físicas y sensoriales, mientras que CCN-51 presentó mayor estabilidad fisicoquímica. El primer momento de cosecha ofreció los resultados más favorables. Se concluye que ambos factores son relevantes para orientar la obtención de granos de cacao de mejor calidad.

Palabras clave: cacao, genotipo, momento de cosecha, calidad fisicoquímica, calidad sensorial.

ABSTRACT

The province of Padre Abad, located in the Ucayali region, stands out for its cocoa production; however, deficiencies in postharvest management may affect bean quality and limit market competitiveness. This research aimed to evaluate the quality of cocoa beans (*Theobroma cacao* L.) from the Aromático and CCN-51 genotypes at different harvest times by analyzing their physicochemical, physical, and sensory characteristics in fresh and dried beans. The study was conducted in two phases: raw material collection at the “Katy” farm, located in Neshuya district, Padre Abad province, and sample evaluation at the Fruit and Vegetable Technology Laboratory of the Faculty of Agroindustrial Engineering at the National University of Ucayali. A Completely Randomized Design with a 2 × 3 factorial arrangement and three replications was employed, considering genotype and harvest time as experimental factors. Means of variables showing significant differences were compared using Tukey's test ($p \leq 0.05$), while sensory evaluation results were analyzed using the Friedman test. The results revealed differences in cocoa quality according to the factors evaluated. The Aromático genotype exhibited better physical and sensory characteristics, whereas CCN-51 showed greater physicochemical stability. The first harvest time yielded the most favorable results. It was concluded that both genotype and harvest time are relevant factors for improving cocoa bean quality and supporting appropriate decisions regarding raw material selection for agroindustrial processing.

Keywords: cocoa, genotype, harvest time, physicochemical quality, sensory quality.

ÍNDICE DE TABLAS

En el texto:		**Pág.**
Tabla 1.	Operacionalización de la variable independiente……...	6
Tabla 2.	Operacionalización de la variable dependiente……...	7
Tabla 3.	Clasificación taxonómica…….	17
Tabla 4.	Tratamientos experimentales según genotipo y momento de cosecha……..	32
Tabla 5.	Comparación de rangos múltiples de Tukey para pH de granos de cacao fresco……	44
Tabla 6.	Comparación de rangos múltiples de Tukey para acidez titulable de granos de cacao fresco …….	45
Tabla 7.	Comparación de rangos múltiples de Tukey para solidos solubles de granos de cacao fresco……	46
Tabla 8.	Comparación de rangos múltiples de Tukey para pH de granos de cacao seco……	48
Tabla 9.	Comparación de rangos múltiples de Tukey para acidez titulable de granos de cacao seco (A)……..	49
Tabla 10.	Comparación de rangos múltiples de Tukey para acidez titulable de granos de cacao seco (B)……..	49
Tabla 11.	Comparación de rangos múltiples de Tukey para humedad de granos de cacao seco (A)……	50
Tabla 12.	Comparación de rangos múltiples de Tukey para humedad de granos de cacao seco (B)……	51

Tabla 13. Comparación de rangos múltiples de Tukey para granos bien fermentados (A)……. 53

Tabla 14. Comparación de rangos múltiples de Tukey para granos semi fermentados (A) …… 54

Tabla 15. Comparación de rangos múltiples de Tukey para granos semi fermentados (B) …… 54

Tabla 16. Comparación de rangos múltiples de Tukey para granos sobre fermentados (A) …… 55

Tabla 17. Comparación de rangos múltiples de Tukey para granos violetas (A)…… 56

Tabla 18. Comparación de rangos múltiples de Tukey para granos pizarrosos (A)…… 57

Tabla 19. Comparación de rangos múltiples de Tukey para granos con moho (A)……. 58

Tabla 20. Atributo color mediante la prueba de Friedman…….. 59

Tabla 21. Atributo aroma mediante la prueba de Friedman…… 60

Tabla 22. Atributo sabor mediante la prueba de Friedman……. 61

Tabla 23. Atributo amargor mediante la prueba de Friedman…… 62

En el anexo:

Tabla 24A. Valores de pH para granos frescos…… 91

Tabla 25A. Valores de acidez titulable para granos frescos…….. 91

Tabla 26A. Valores de solidos solubles para granos frescos……. 92

Tabla 27A. Valores de pH para granos seco fermentado……... 93

Tabla 28A. Valores de acidez titulable para granos seco fermentado……. 93

Tabla 29A. Valores de humedad para granos seco fermentado……... 94

Tabla 30A. Valores físicos de granos de cacao bien fermentados…….. 95

Tabla 31A. Valores físicos de granos de cacao semi fermentados…….. 95

Tabla 32A. Valores físicos de granos de cacao sobrefermentados…….. 96

Tabla 33A. Valores físicos de granos de cacao violetas……. 96

Tabla 34A. Valores físicos de granos de cacao pizarrosos…… 97

Tabla 35A. Valores físicos de granos de cacao con moho……. 97

Tabla 36A. Análisis de varianza para pH de granos de cacao fresco…….. 98

Tabla 37A. Análisis de varianza para acidez titulable de granos de cacao fresco…….. 98

Tabla 38A. Análisis de varianza para solidos solubles de granos de cacao fresco…….. 99

Tabla 39A. Análisis de varianza para pH de granos de cacao seco fermentado……. 100

Tabla 40A. Análisis de varianza para acidez titulable de granos de cacao seco fermentado…… 100

Tabla 41A. Análisis de varianza para humedad de granos de cacao seco fermentado……. 101

Tabla 42A. Análisis de varianza para granos bien fermentados de cacao….. 102

Tabla 43A. Análisis de varianza para granos semi fermentados de cacao…. 102

Tabla 44A. Análisis de varianza para granos violetas fermentados de cacao. 103

Tabla 45A. Análisis de varianza para granos sobre fermentados de cacao… 103

Tabla 46A. Análisis de varianza para granos pizarrosos fermentados de cacao…….. 104

Tabla 47A. Análisis de varianza para granos con moho fermentados de cacao……... 104

Tabla 48A. Valores de calificación de los panelistas para los atributos amargor y color…….. 105

Tabla 49A. Valores de calificación de los panelistas para los atributos aroma y sabor……. 106

ÍNDICE DE FIGURAS

En el texto: **Pág.**

Figura 1. Diagrama de bloques para la obtención de granos de cacao…. 37

Figura 2. Perfil sensorial de granos seco de cacao CCN-51 y Aromático.. 64

En el anexo:

Figura 3A. Recolección del cacao CCN 51 y Aromáticos del fundo KATTY… 107

Figura 4A. Cacao variedad CCN 51 y Aromáticos…….. 107

Figura 5A. Descoque de las mazorcas de cacao…… 107

Figura 6A. Granos de cacao extraído de la mazorca…….. 107

Figura 7A. Trituración de los granos de cacao para su posterior análisis fisicoquímico…… 108

Figura 8A. Determinación de pH en granos de cacao CCN 51 y Aromático.. 108

Figura 9A. Resultados de acidez titulable en granos de cacao CCN 51 y Aromático……... 108

Figura 10A. Prueba de corte en granos de cacao……. 108

Figura 11A. Resultados de la prueba de corte en granos de cacao…….. 109

Figura 12A. Pruebas sensoriales del grano seco fermentado de cacao…… 109

Figura 13A. Panelistas evaluando las características del grano de cacao…… 109

Figura 14A. Muestras de cacao y panelistas en evaluación……. 109

INTRODUCCIÓN

El cacao (*Theobroma cacao* L.) es uno de los cultivos más importantes de la región Ucayali, debido a su aporte económico y social a las familias productoras. La provincia de Padre Abad, especialmente los distritos de Irazola, Neshuya y Curimaná, destaca como una de las principales zonas cacaoteras, donde la producción y transformación del cacao en derivados como el chocolate adquiere relevancia a nivel local, nacional e internacional.

La industria chocolatera exige granos de cacao de alta calidad, ya que de ello dependen las características físicas, químicas y sensoriales del producto final. No obstante, en la región aún se presentan deficiencias en el manejo del cacao, principalmente en las etapas de cosecha y postcosecha, asociadas al desconocimiento técnico y a la limitada asistencia especializada. Esta situación afecta la calidad del grano y restringe el acceso a mercados de mayor valor.

Frente a esta problemática, la presente investigación tuvo como finalidad evaluar la calidad de los granos de cacao de dos genotipos, Aromático y CCN-51, considerando diferentes momentos de cosecha. La evaluación se realizó mediante análisis físicos, fisicoquímicos y sensoriales del grano fresco y seco, con el propósito de identificar el genotipo y el momento de cosecha más adecuados para obtener una mejor calidad final. Los resultados de este estudio buscan aportar información técnica que permita mejorar las prácticas de manejo del cacao, orientando a los productores hacia la obtención de granos de mayor calidad. De esta manera, se contribuye al fortalecimiento de la competitividad del cacao producido en el distrito de Neshuya y en la región Ucayali, favoreciendo el desarrollo económico sostenible de las familias cacaoteras.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción y fundamentación del problema

Los granos de cacao son muy apreciados por su alto valor al momento de su transformación en derivados como el chocolate, pero obtener granos selectos y de calidad tiene sus limitaciones en cuando a la materia prima que utilizamos. Existen variedades en cuanto a genotipos de cacao y descubrir cuál de ellos nos darán granos de calidad es un reto constante para los productores de este cultivo. La provincia de Padre Abad se caracteriza por ser una zona cacaotera, enfocado en los distritos de Neshuya y Curimaná, se aprecia que los granos de cacao y su calidad es un problema debido a su manejo incorrecto durante la post-cosecha. Los genotipos de cacao presentan características únicas debido a su naturaleza, el cacao CCN-51, presenta un alto rendimiento que beneficia a la industria chocolatera y posee gran resistencia a las plagas y enfermedades, mientras que el cacao Aromático, se presenta como un cacao sin imperfecciones aromáticas, que a la vez proporciona un perfil aromático complejo, con aromas chocolate intenso, un poco amargo y aromas frutales.

Ante la presente situación problemática, se pretende evaluar la calidad de dos genotipos de cacao como son el CCN-51 y el Aromático, mediante pruebas fisicoquímicas a los granos de cacao fresco y seco, además realizar el proceso de fermentación en cajones de madera tornillo bajo parámetros de control, obtenido la materia prima en tres cosechas distintas duarte la campaña del cacao en el distrito de Neshuya provincia de Padre Abad. Con la presente investigación se busca obtener un grano de cacao de calidad determinado

mediante las pruebas fisicoquímicas y sensoriales, de esta manera brindar un paquete tecnológico con respecto al beneficio del cacao, el cual servirá de guía para muchos cacaoteros no solo en la provincia de Padre Abad, sino para la empresa privada, con este aporte se dará a conocimiento la calidad de grano que nos pueda brindar los genotipos de cacao CCN-51 y aromático.

1.2. Formulación del problema general y específicos

1.2.1. Problema general

- ¿Cuál es la influencia del genotipo (CCN-51 y Aromático) y de los diferentes momentos de cosecha sobre las características fisicoquímicas y sensoriales de los granos de cacao (*Theobroma cacao* L.) en estado fresco y seco, en el distrito de Neshuya?

1.2.2. Problemas específicos

- ¿Cuáles son las características fisicoquímicas de calidad de los granos frescos de cacao (*Theobroma cacao* L.) de los genotipos CCN-51 y Aromático en cada momento de cosecha?
- ¿Cuáles son las características fisicoquímicas de calidad de los granos de cacao (*Theobroma cacao* L.) de los genotipos CCN-51 y Aromático después del proceso de secado, en los diferentes momentos de cosecha?
- ¿Qué diferencias existen en la calidad sensorial de los granos de cacao (*Theobroma cacao* L.) de los genotipos CCN-51 y Aromático en los diferentes momentos de cosecha?

1.3. Objetivo general y objetivos específicos

1.3.1. Objetivo general

- Evaluar la calidad de los granos de cacao (*Theobroma cacao* L.) de los genotipos CCN-51 y Aromático en diferentes momentos de cosecha, mediante la determinación de sus características fisicoquímicas y sensoriales, para identificar las condiciones que permitan obtener granos de mejor calidad en el distrito de Neshuya.

1.3.2. Objetivos específicos

- Determinar los parámetros fisicoquímicos de calidad de los granos frescos de cacao de los genotipos CCN-51 y Aromático en cada momento de cosecha.
- Determinar los parámetros fisicoquímicos de calidad de los granos de cacao de los genotipos CCN-51 y Aromático después del proceso de secado, en los diferentes momentos de cosecha.
- Determinar la calidad sensorial de los granos de cacao de los genotipos CCN-51 y Aromático en los diferentes momentos de cosecha, mediante pruebas sensoriales.

1.4. Hipótesis y/o sistema de hipótesis

1.4.1. Hipótesis general

- El genotipo y el momento de cosecha influyen significativamente en las características fisicoquímicas y sensoriales de los granos de cacao (*Theobroma cacao* L.) de los genotipos CCN-51 y Aromático,

determinando diferencias en su calidad en estado fresco y seco, en el distrito de Neshuya.

1.4.2. Hipótesis específicas

- Primera hipótesis específica: El genotipo y el momento de cosecha influyen significativamente en los parámetros fisicoquímicos de calidad de los granos frescos de cacao de los genotipos CCN-51 y Aromático.
- Segunda hipótesis específica: El genotipo y el momento de cosecha influyen significativamente en los parámetros fisicoquímicos de calidad de los granos de cacao de los genotipos CCN-51 y Aromático después del proceso de secado.
- Tercera hipótesis específica: La calidad sensorial de los granos de cacao presenta diferencias significativas entre los genotipos CCN-51 y Aromático y los diferentes momentos de cosecha.

1.5. Operacionalización de las variables

1.5.1. Variables independientes

Las variables independientes estuvieron constituidas por dos factores experimentales: el genotipo de cacao (factor A) y el momento de cosecha (factor B).

Tabla 1

Operacionalización de la variable independiente

Variable	Definición operacional	Indicadores	Escala
Genotipo de cacao (FA)	• Clasificación de las muestras según el material genético utilizado	• G1: CCN-51 • G2: Aromático	Nominal
Momento de cosecha (FB)	• Identificación de las tres cosechas realizadas durante el periodo experimental	• C1: Cosecha 1 • C2: Cosecha 2 • C3: Cosecha 3	Ordinal

1.5.2. Variables dependientes

Las variables dependientes de la presente investigación estuvieron constituidas por las características fisicoquímicas, físicas y sensoriales de los granos de cacao (*Theobroma cacao* L.) de los genotipos CCN-51 y Aromático, evaluados en diferentes momentos de cosecha. Estas variables permitieron determinar la calidad de los granos en estado fresco y seco, considerando parámetros como el potencial de hidrógeno (pH), acidez, contenido de humedad y porcentaje de granos fermentados, así como los atributos sensoriales de color, aroma, sabor y amargor. Su evaluación permitió analizar las posibles variaciones en la calidad del cacao en función de los factores experimentales estudiados. En la Tabla X se presenta la operacionalización de las variables dependientes, detallando sus respectivas dimensiones, indicadores, unidades de medida y escalas de evaluación.

Tabla 2

Operacionalización de la variable dependiente

Variable	Dimensión	Indicadores	Unidad o escala
Calidad fisicoquímica del grano de cacao	Grano fresco y seco	pH	Adimensional
Calidad fisicoquímica del grano de cacao	Grano fresco y seco	Acidez	Según método analítico
Calidad fisicoquímica del grano de cacao	Grano fresco y seco	Humedad	%
Calidad del grano de cacao	Granos fermentados	Porcentaje de granos fermentados	%
Calidad sensorial del grano de cacao	Atributos sensoriales	Color	Escala de evaluación sensorial
Calidad sensorial del grano de cacao	Atributos sensoriales	Aroma	Escala de evaluación sensorial
Calidad sensorial del grano de cacao	Atributos sensoriales	Sabor	Escala de evaluación sensorial
Calidad sensorial del grano de cacao	Atributos sensoriales	Amargor	Escala de evaluación sensorial

Observación: El porcentaje de granos fermentados es principalmente un indicador de calidad física o del grado de fermentación, por lo que conviene clasificarlo separadamente de los parámetros fisicoquímicos.

1.6. Justificación e importancia

El cacao (*Theobroma cacao* L.) constituye uno de los cultivos de importancia económica y agroindustrial en la región Ucayali, debido a su contribución a la generación de ingresos y al sostenimiento de numerosas familias dedicadas a su producción y comercialización. En este contexto, la provincia de Padre Abad destaca por su actividad cacaotera, particularmente en los distritos de Irazola, Neshuya y Curimaná, donde este cultivo representa una alternativa productiva para el desarrollo económico local. Asimismo, la creciente demanda de cacao y sus derivados, especialmente del chocolate, en los mercados nacionales e internacionales, exige materias primas que cumplan con determinados estándares de calidad fisicoquímica y sensorial, lo que hace necesario fortalecer los conocimientos técnicos relacionados con la producción, cosecha y manejo poscosecha del grano.

Desde el punto de vista científico y tecnológico, la presente investigación se justifica por la necesidad de generar información sobre el comportamiento de los genotipos de cacao CCN-51 y Aromático en diferentes momentos de cosecha, considerando que las características propias de cada genotipo y las condiciones de cosecha pueden influir en la calidad final del producto. En ese sentido, la determinación de los parámetros fisicoquímicos de los granos frescos y secos, así como la evaluación de sus atributos sensoriales, permitirá identificar diferencias de calidad entre los genotipos estudiados y establecer cuáles son las condiciones de cosecha más favorables para la obtención de materia prima con características adecuadas para su aprovechamiento agroindustrial.

Desde una perspectiva práctica, los resultados de la investigación proporcionarán información técnica que podrá servir como referencia para los

productores de cacao del distrito de Neshuya, facilitando la toma de decisiones relacionadas con la selección del genotipo y la identificación del momento de cosecha más apropiado. Asimismo, los conocimientos generados podrán contribuir al mejoramiento de las prácticas de manejo de la materia prima y de las operaciones poscosecha, especialmente aquellas vinculadas con la conservación de las características de calidad del grano durante el proceso de secado.

En el ámbito económico y social, la investigación adquiere relevancia debido a que la obtención de granos de cacao con mejores características fisicoquímicas y sensoriales puede favorecer su aceptación comercial, incrementar las oportunidades de acceso a mercados más exigentes y contribuir a una mayor valorización del producto. Estas condiciones podrían representar mejores oportunidades de comercialización e ingresos para las familias cacaoteras, fortaleciendo la competitividad de la cadena productiva del cacao en el distrito de Neshuya y, potencialmente, en otras zonas productoras de la región Ucayali.

Finalmente, la importancia de esta investigación radica en su aporte al conocimiento científico y tecnológico sobre la calidad de los granos de cacao de los genotipos CCN-51 y Aromático, en función de los diferentes momentos de cosecha. Los resultados constituirán una referencia para futuras investigaciones orientadas al mejoramiento de la calidad de la materia prima, la optimización de los procesos poscosecha y el desarrollo sostenible de la actividad agroindustrial cacaotera en la región Ucayali.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

2.1.1. Antecedentes internacionales

En Ghana, Udzu et al. (2026) desarrollaron una investigación orientada a determinar el efecto de la temporada de cosecha y la duración de la fermentación sobre la composición proximal y las características fisicoquímicas de los granos de cacao (*Theobroma cacao* L.). Se empleó un diseño factorial de 2 × 7, considerando diferentes temporadas de cosecha y periodos de fermentación comprendidos entre 0 y 144 horas. Los resultados evidenciaron que el tiempo de fermentación influyó sobre todos los parámetros evaluados, mientras que la temporada de cosecha afectó principalmente la composición proximal, presentando una influencia más limitada sobre las propiedades fisicoquímicas, excepto la acidez titulable. Durante la fermentación, el contenido de humedad disminuyó de 10,8% a 7,5%, mientras que el contenido de grasa se redujo de 59,8 % a 53,7%. Los autores concluyeron que la duración de la fermentación y las condiciones de cosecha constituyen factores importantes para comprender las variaciones en la calidad del cacao. Este antecedente guarda relación directa con la presente investigación, debido a que considera el periodo de cosecha como factor asociado con las características fisicoquímicas del grano.

González et al. (2024), en Colombia, desarrollaron la investigación titulada Fermentation and its effect on the physicochemical and sensory attributes of cocoa beans in the Colombian Amazon, cuyo objetivo fue evaluar

los cambios bioquímicos, físicos y sensoriales de los granos de cacao durante el proceso de fermentación en centros de procesamiento del departamento de Caquetá. Se monitorearon la temperatura de la masa fermentativa y el pH de la pulpa y de los granos, además de determinarse las características físicas, composición bromatológica, compuestos polifenólicos, actividad antioxidante y atributos sensoriales en diferentes etapas del proceso. Los resultados mostraron variaciones en el pH, contenido de humedad y grasa, asociadas con el desarrollo de la fermentación. Los autores concluyeron que el manejo poscosecha desempeña un papel importante en las propiedades fisicoquímicas y sensoriales del cacao, constituyendo un referente para comprender las transformaciones que experimentan los granos durante su procesamiento.

Trognitz et al. (2013), en Nicaragua, desarrollaron la investigación titulada Diversity of cacao trees in Waslala, Nicaragua: Associations between genotype spectra, product quality and yield potential, cuyo objetivo fue evaluar la diversidad genética de los árboles de cacao y su relación con la calidad del producto y el potencial productivo. Se analizaron muestras procedentes de 100 árboles de cacao, agrupados según nueve perfiles genéticos, durante dos periodos consecutivos de cosecha. Se consideraron muestras fermentadas y sin fermentar, evaluándose atributos sensoriales y compuestos químicos relacionados con la calidad del grano. Los resultados evidenciaron diferencias entre los grupos genéticos en el contenido de metilxantinas, grasa y epicatequina, así como en determinados atributos sensoriales, entre ellos la astringencia y el aroma a frutos secos. Asimismo, se identificaron variaciones relacionadas con el periodo de cosecha. Los autores concluyeron que la diversidad genética constituye un factor relevante en la calidad química y

sensorial del cacao. Este antecedente guarda relación con la presente investigación, debido a que considera el material genético y el periodo de cosecha como factores asociados con las características de calidad del grano.

2.1.2. Antecedentes nacionales

Gutiérrez et al. (2022), en Madre de Dios, desarrollaron la investigación titulada Evaluación de la aplicación de tecnologías de fermentación y secado de cacao (*Theobroma cacao* L.) tipo CCN-51 y Criollo, con el objetivo de evaluar tecnologías de fermentación y secado y su influencia en la calidad y rendimiento de los granos. Se empleó un diseño de bloques con arreglo factorial de tres factores: tipo de cacao, tecnología de fermentación y tecnología de secado. Los resultados demostraron que la fermentación en cajones de madera, complementada con secadores solares de madera, constituyó la alternativa más favorable entre las tecnologías evaluadas. Asimismo, el cacao Criollo presentó un mejor comportamiento durante el beneficio, alcanzando un 80 % de fermentación, frente al 66 % reportado para CCN-51 en la investigación de origen. Los autores concluyeron que tanto el tipo de cacao como las tecnologías utilizadas durante el beneficio influyen en la calidad del grano. Este antecedente aporta fundamentos para comparar el comportamiento de diferentes materiales genéticos sometidos a operaciones poscosecha.

Alarcón y Oblitas (2019), en la Universidad Nacional de Jaén, desarrollaron la investigación titulada Evaluación de la calidad organoléptica del licor de cacao CCN-51 (Theobroma cacao L.) mejorado enzimáticamente en el proceso de fermentación. El objetivo fue evaluar la calidad sensorial del licor de cacao mediante la incorporación de polifenoloxidasa natural durante la

fermentación. Se utilizaron periodos de fermentación de seis, siete y ocho días, seguidos de las operaciones de secado, tostado, descascarillado y molienda. Se aplicó un diseño de bloques completamente al azar y la prueba de Tukey con un nivel de confianza del 95%. Los resultados indicaron que el tratamiento con incorporación enzimática y siete días de fermentación presentó mayor aceptación sensorial, encontrándose diferencias significativas en atributos como acidez, astringencia, sabor y posgusto. Este estudio constituye un antecedente para la evaluación sensorial del genotipo CCN-51 y la interpretación de las variaciones en sus atributos de calidad.

Lira (2019), en Cusco, realizó la investigación titulada Efecto de la fermentación mixta sobre la calidad sensorial del cacao Chuncho y CCN-51 cultivado en el distrito de Echarate, provincia de La Convención, Cusco. El objetivo fue determinar el efecto de la incorporación de pulpas vegetales durante la fermentación sobre la calidad sensorial de ambos cultivares. Se evaluaron diferentes tratamientos de fermentación y posteriormente se realizaron operaciones de secado, tostado y evaluación sensorial. Los resultados evidenciaron diferencias en el porcentaje de fermentación, alcanzándose un 94 % en el cacao Chuncho con incorporación de maracuyá al 30 % y un 79 % en el tratamiento de CCN-51 con lirio al 30 %. Asimismo, se identificaron diferencias en los atributos sensoriales de las muestras procesadas. La investigación concluyó que las condiciones de fermentación y procesamiento pueden modificar las características sensoriales de los diferentes cultivares de cacao. Este antecedente contribuye a fundamentar la evaluación comparativa de los atributos sensoriales entre materiales genéticos.

2.1.3. Antecedentes locales

Panduro (2017), en la Universidad Nacional de Ucayali, desarrolló la investigación titulada Efecto de la fermentación de cacao (Theobroma cacao L.) de la colección CCN-51, utilizando cajas de poliestireno y cajas de madera en el distrito de Irazola, región Ucayali. El objetivo fue evaluar el efecto de dos tipos de fermentadores y tres volúmenes de cacao, correspondientes a 10, 15 y 20 kg, sobre la calidad del grano. Las muestras procedieron del caserío San José, distrito de Irazola, provincia de Padre Abad. La fermentación se desarrolló durante cinco días, con una primera remoción a las 48 horas y remociones posteriores cada 24 horas. Los resultados evidenciaron diferencias estadísticas relacionadas con el tipo de fermentador y el volumen utilizado. El tratamiento con caja de poliestireno y 20 kg de cacao alcanzó una temperatura de 44,91 °C y un porcentaje de fermentación de 84,3%. El autor concluyó que el tipo de fermentador y el volumen de cacao influyen en las condiciones del proceso fermentativo. Este antecedente presenta especial relevancia por haberse desarrollado en la misma provincia de la presente investigación y por evaluar el genotipo CCN-51 y parámetros relacionados con la calidad del grano.

Del Águila (2022), en la Universidad Nacional de Ucayali, realizó la investigación titulada Efecto del zumo de maracuyá (Passiflora edulis) como agregado en las características organolépticas durante el proceso de fermentación del cacao CCN51 (Theobroma cacao L.). El objetivo fue determinar el efecto de la incorporación de zumo de maracuyá durante la fermentación sobre las características fisicoquímicas y organolépticas del cacao CCN-51. Se empleó un Diseño Completamente al Azar y se evaluaron parámetros como temperatura, pH, acidez, humedad y grado de fermentación. Los resultados

evidenciaron diferencias altamente significativas entre tratamientos. El tratamiento T3 presentó un porcentaje de fermentación de 44 %, mientras que el T4 registró un contenido de humedad de 7,93 %. Asimismo, se observó que la incorporación de mayores cantidades de zumo incrementó la acidez y disminuyó el pH. La investigación demostró que las condiciones del proceso fermentativo modifican las propiedades fisicoquímicas del cacao, constituyendo un antecedente relevante para la evaluación de la calidad del genotipo CCN-51 en la región Ucayali.

Bocanegra (2023), en la Universidad Nacional de Ucayali, desarrolló la investigación titulada Tratamiento osmótico con diferentes concentraciones de zumo de caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.) en cacao (Theobroma cacao L.) baba CCN-51, previo a la fermentación y su efecto en la calidad del grano seco, cuyo objetivo fue evaluar el efecto de diferentes concentraciones de zumo de caña de azúcar sobre las características fisicoquímicas, físicas y sensoriales de los granos de cacao del genotipo CCN-51. El proceso de fermentación se desarrolló durante seis días, efectuándose la primera remoción a las 48 horas y las posteriores cada 24 horas. Durante el desarrollo experimental se evaluaron parámetros como temperatura, pH y acidez, así como el índice de fermentación y los atributos sensoriales del cacao seco. Los resultados evidenciaron diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos evaluados, destacando el tratamiento con incorporación de zumo de caña de azúcar al 20% y fermentación convencional, que permitió obtener más del 81% de granos bien fermentados. Los resultados permitieron establecer que las condiciones aplicadas durante el beneficio del cacao influyeron en las características de calidad del grano seco. Este antecedente guarda relación con

la presente investigación, debido a que considera la evaluación de parámetros fisicoquímicos, físicos y sensoriales del genotipo CCN-51, contribuyendo a comprender la importancia de las operaciones poscosecha en la obtención de granos de cacao de calidad.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Generalidades de cacao (*Theobroma cacao* L.)

El cacao (*Theobroma cacao* L.), es una especie nativa de los bosques tropicales húmedos de Sudamérica, sus almendras son el recurso esencial para la producción de chocolate y sus productos derivados, en el sector farmacéutico y el sector cosmético (Nazario et al., 2013).

El cacao, término que se deriva de la palabra Maya Ka'kau, junto con la palabra maya Chocol'ha Maya y el verbo chokola'j que significa "ingerir chocolate juntos", fue adoptado por los mayas siglos después. El cacao es el componente esencial del chocolate y se deriva del árbol del cacao, cultivado en millones de pequeñas fincas familiares a nivel global (De la Cruz et al., 2010).

El cacao es una planta perenne de frutas que forma parte de la familia Malvaceae. Su denominación científica, *Theobroma cacao* L., fue establecida en 1758 por Carlos Linneo, un botánico sueco, en griego. se interpreta como "alimento de los dioses". Hoy en día, el género Theobroma incluye un total de 24 especies de plantas (MINAGRI, 2018).

2.2.2. Descripción botánica

La taxonómica establece la categorización del cacao de la forma que se muestra a continuación:

Tabla 3

Clasificación taxonómica

Clasificación	Nombre científico
Reino	*Plantae*
Subreino	*Tracheobionta*
Clase	*Magnolipsida*
Subclase	*Dicotilodónea*
Orden	*Málvales*
Familia	*Sterculiacea*
Genero	*Theobroma*
Especie	*Cacao*

Fuente: Lozano (2009).

2.2.3. Descripción morfológica

El cacao es un árbol de tamaño reducido, perennifolio, con una altura de 4 a 7 metros. Hojas de tamaño considerable, alternas, colgantes, elípticas u oblongas, de 15 a 50 cm de longitud por 4 a 15 cm de ancho, con una punta larga y un ligero grosor, con un margen liso, verde oscuro en el haz y más pálido en el reverso, cuelgan con un pétalo. La baya, comúnmente conocida como mazorca, carnosa, oblonga a ovada, amarilla o purpúrea, tiene un tamaño de 15 a 30 cm de longitud y 7 a 10 cm de grosor (Dostert et al., 2011).

2.2.4. Distribución en Perú

Se ha registrado la presencia de Theobroma cacao en ocho departamentos de Perú (Cajamarca, Cuzco, Huánuco, Junín, Loreto, Madre de Dios, Piura y San Martín) en las zonas de 0 a 500 msnm. Sin embargo, podría

haber más departamentos involucrados que posean el hábitat apropiado, como Ayacucho, Pasco y Ucayali (Bennett, 2004).

2.2.5. Tipos de cacao

En todo el mundo, se han instaurado tres variedades diferentes de cultivares de cacao debido a la considerable variación morfológica que ha sido detectada en América Central y del Sur. Como resultado directo de esto, hay tres variedades diferentes de cacao, cada una con una serie única de atributos cuantitativos y cualitativos. Los denominamos con los nombres de criollos, forasteros y trinitario (García, 2010).

2.2.6. Criollo

Se cultiva en regiones del Caribe, las Antillas, Venezuela, Nueva Guinea de Papua e Indonesia. Es un cacao de aroma suave, originario de Colombia y Venezuela, que más tarde se propagó hacia el norte de México. Los cacaos criollos producidos en Perú poseen un rasgo y aromas singulares a chocolate y aromas excepcionales (Paredes, 2008).

2.2.7. Forastero

El cacao forastero es una variedad de cacao con mayor resistencia, por lo que representa el 90% de la producción global de cacao. Su rasgo más destacado es su intenso amargor, elevada astringencia y ausencia de aroma. Las mazorcas son verdes al principio, pero se tornan amarillas cuando se maduran (Amador et al., 2022).

2.2.8. Trinitario

La hibridación entre los grupos criollo y forastero originó el cacao trinitario. La mayoría de las variedades reconocidas que se cultivan de manera comercial a nivel global, se han escogido de este conjunto (Enríquez, 2004).

2.2.9. Cacao CCN-51

La especie de cacao CCN-51 (Colección Castro Naranjal) proviene de la cosecha de cacao de la comunidad de Castro Naranjal. El agrónomo Homero Castro realizó una investigación en Ecuador, en la región de Naranjal, donde el clon número 51 logró el éxito y proporcionó las características necesarias. Este clon muestra características de alta producción y tolerancia a las enfermedades, aunque carece del aroma que tiene el criollo (Santa Cruz, 2019, citato por Güillín y Lara 2010).

La sigla CCN hace referencia a la Colección Castro Naranjal y la numeración 51 representa el número de cruces efectuados para conseguir la variedad requerida. Es auto compatible al no requerir de una polinización cruzada para su maduración; de cultivo temprano al comenzar su producción a los dos años de edad; resistente a plagas y enfermedades; fácilmente adaptable a diferentes áreas tropicales; y tiene un elevado porcentaje de grasa (54%) lo que lo hace muy valorado por la industria (Armando, 2016).

2.3. Beneficio del cacao

2.3.1. Grano de cacao

El grano de cacao en baba se consigue tras desgranarlo, mientras todavía está envuelto por mucílago blanco y húmedo. El mucílago es un compuesto comestible que tiene un gusto frutal, dulce, picante y un poco ácido (ONUDI, 2021).

2.3.2. Cosecha

Es necesario llevar a cabo durante la fase de maduración de los frutos, que se identifica por la variación en su coloración, que suele suceder entre 6 meses tras la fecundación de la flor. Los frutos de color verde se vuelven amarillos al madurar, mientras que los de color rojo adquieren una tonalidad de naranja. Es imprescindible garantizar la correcta madurez de los frutos previo a la cosecha, para prevenir la combinación de granos con diferentes grados de desarrollo y la disminución de calidad durante la fermentación, causada por este escenario (Paredes, 2003).

2.3.3. Quiebre

La quiebra implica la separación de los frutos y la extracción de los granos de cacao, y debe llevarse a cabo antes de los cinco días posteriores a la recolección. Para partir los frutos, se empleará un machete de 30 cm de tamaño pequeño, también es posible utilizar un mazo de madera. El corte se realiza de manera longitudinal y con mucho cuidado para evitar el deterioro de los granos (Paredes, 2003).

2.3.4. Fermentación

La fermentación en cajones ocurre en cajas que pueden diferir considerablemente en tamaño y dimensiones, la caja en la que se inicia el proceso de fermentación debe contar con un sistema de drenaje eficiente para eliminar rápidamente los exudados durante los primeros días. Las semillas de cacao deben permanecer en las cajas durante 6 días, para garantizar una fermentación de alta calidad. Durante ese periodo, solo se extraerán una o dos veces, dependiendo de las particularidades de las semillas (Catillo et al., 2008).

La fermentación contribuye a la desintegración de la pulpa mucilaginosa que envuelve los granos y provoca la desaparición de los cotiledones. Además, contribuye a generar alteraciones bioquímicas en los granos que favorecen la disminución de la amargura y la astringencia, así como al desarrollo de los precursores de fragancias (Beckett, 2009).

2.3.5. Secado

El proceso de secado al sol es el más habitual en todas las naciones productoras de cacao y demanda de ocho a diez días dependiendo de las condiciones meteorológicas. A la conclusión del ciclo de fermentación, el cacao posee un contenido de humedad cercano al 56% por peso. Durante el secado posterior, los cambios químicos en la almendra persisten, reduciendo gradualmente el contenido de humedad hasta alcanzar un 6 a 7 %. Bajo este punto, las almendras adquieren una quebradura excesiva, pero si no se secan a este punto, se tornan vulnerables a los hongos (Sosa, 2021).

2.4. Calidad de los granos

Para la producción de chocolate de buena calidad, se requiere que los granos de cacao como materia prima esté bien fermentado, libre de defectos como hongos e insectos entre otros, y además de sabores extraños incluidos por humo residuos químicos y otras enfermedades. Estos granos deben presentar bunas características en todos los aspectos físicos para su posterior uso (Stevenson et al., 1993).

La calidad física tiene como base inicial a los granos de cacao con un buen porcentaje de fermentación, así mismo, con la respetiva prueba de cortes necesaria para determinar que los granos no presenten humedad, insectos, materia extraña y otros. Es crucial hallar condiciones que faciliten la reducción adecuada de acidez durante el secado y que se satisfagan las especificaciones de humedad necesarias para garantizar un entorno ideal para el almacenamiento y prevenir la contaminación por microorganismos (Zambrano et al., 2010).

2.5. Calidad organoléptica de los granos

La calidad del cacao se establece a través de las propiedades físicas (proporción, peso, grosor de la cáscara, color, contenido de grasa), y las propiedades organolépticas de las semillas de cacao. El sabor, definido por las almendras y más recientemente por los asuntos de salud y nutrición humana (flavonoides, micotoxinas, contaminantes y residuos de metales pesados). El gusto y la fragancia, evidencian los impactos conjuntos del genotipo, del terreno y el clima, del tratamiento agronómico empleado en la siembra y de la tecnología de postcosecha aplicada (Gutiérrez, 2009).

2.6. Definiciones conceptuales

En el presente apartado se describen los principales términos y conceptos relacionados con la evaluación de la calidad de los granos de cacao (*Theobroma cacao* L.) de los genotipos CCN-51 y Aromático, considerando los diferentes momentos de cosecha y sus características fisicoquímicas, físicas y sensoriales. Estas definiciones permiten establecer una base conceptual para la comprensión de las variables estudiadas y la interpretación de los resultados obtenidos en la investigación.

- **Cacao (*Theobroma cacao* L.):** Es una especie vegetal perteneciente a la familia Malvaceae, cultivada principalmente en regiones tropicales. Sus semillas constituyen la materia prima para la elaboración de chocolate y otros productos derivados, debido a su composición química y a sus propiedades sensoriales.

- **Genotipo de cacao:** Se refiere a la constitución genética de una planta de cacao, la cual determina parte de sus características hereditarias y contribuye a las diferencias morfológicas, productivas y de calidad entre materiales genéticos.

- **Cacao CCN-51:** Es un clon de cacao seleccionado en Ecuador, reconocido por su potencial productivo y su adaptación a diversas condiciones de cultivo. Sus granos presentan características fisicoquímicas y sensoriales particulares, que pueden variar según las condiciones de producción y el manejo poscosecha.

- **Cacao Aromático:** Denominación utilizada para identificar materiales de

cacao que presentan características aromáticas particulares y potencial para desarrollar perfiles sensoriales diferenciados. Su calidad depende del material genético, las condiciones de cultivo y los procesos poscosecha. En esta investigación corresponde al material identificado como Aromático en el área de estudio.

- **Momento de cosecha:** Corresponde al periodo u oportunidad en que se realiza la recolección de las mazorcas de cacao. Constituye un factor de estudio que permite evaluar las variaciones en la calidad del grano entre diferentes cosechas.

- **Grano de cacao fresco:** Es la semilla extraída de la mazorca de cacao que conserva su contenido natural de humedad y mucílago, antes de ser sometida a los procesos de fermentación y secado.

- **Grano de cacao seco:** Es la semilla de cacao que ha sido sometida a un proceso de secado para reducir su contenido de humedad, favorecer su conservación y facilitar su almacenamiento, transporte y posterior transformación agroindustrial.

- **Calidad del grano de cacao:** Es el conjunto de características físicas, fisicoquímicas y sensoriales que determinan la aptitud del grano para su comercialización y procesamiento agroindustrial, de acuerdo con los requisitos establecidos para su utilización.

- **Características fisicoquímicas:** Son las propiedades físicas y químicas de una materia prima que pueden determinarse mediante procedimientos analíticos. En el cacao comprenden parámetros como el pH, la acidez y

el contenido de humedad, los cuales permiten evaluar aspectos relacionados con su calidad.

- **Potencial de hidrógeno (pH):** Es una medida que expresa la actividad de los iones hidrógeno en una solución y permite determinar su grado de acidez o alcalinidad. En el análisis del cacao, constituye un indicador relacionado con las transformaciones químicas que ocurren durante el procesamiento del grano.

- **Acidez:** Es una propiedad química relacionada con la presencia de compuestos ácidos en una muestra. En los granos de cacao, su determinación permite evaluar aspectos de la calidad química que pueden influir en las características sensoriales del producto.

- **Contenido de humedad:** Es la cantidad de agua presente en una muestra de cacao, expresada generalmente como porcentaje de su masa. Constituye un parámetro importante para evaluar las condiciones de conservación y almacenamiento del grano.

- **Fermentación del cacao:** Es un proceso bioquímico y microbiológico que ocurre principalmente en la pulpa que rodea las semillas, durante el cual se producen transformaciones que favorecen la formación de precursores del aroma, sabor y color característicos del cacao.

- **Porcentaje de granos fermentados:** Es la proporción de granos de cacao que presentan características internas asociadas con una fermentación adecuada, determinada mediante criterios de evaluación

física, como la prueba de corte, y expresada en porcentaje respecto al total de granos examinados.

- **Secado del cacao:** Es una operación poscosecha que consiste en reducir el contenido de humedad de los granos mediante la eliminación progresiva del agua, con la finalidad de favorecer su estabilidad, conservación y almacenamiento.

- **Características sensoriales:** Son las propiedades de un producto que pueden percibirse mediante los órganos de los sentidos. En el cacao, comprenden atributos como el color, aroma, sabor y amargor, los cuales contribuyen a determinar su calidad sensorial.

- **Evaluación sensorial:** Es una metodología que permite identificar, describir y medir las características de un producto mediante los sentidos humanos, utilizando procedimientos y escalas de evaluación previamente establecidos.

- **Color:** Es un atributo visual determinado por la interacción de la luz con los componentes de un material. En el cacao, permite identificar características de apariencia relacionadas con el estado del grano y las transformaciones ocurridas durante su procesamiento.

- **Aroma:** Es el conjunto de sensaciones olfativas producidas por los compuestos volátiles presentes en el cacao. Constituye uno de los principales atributos sensoriales relacionados con la calidad y diferenciación del producto.

- **Sabor:** Es una percepción sensorial compleja que integra las sensaciones gustativas, olfativas y otras percepciones generadas durante el consumo de un alimento. En el cacao, contribuye a definir su perfil sensorial y aceptación.

- **Amargor:** Es una sensación gustativa característica del cacao, relacionada principalmente con la presencia de determinados compuestos, como las metilxantinas y algunos compuestos fenólicos. Su intensidad puede variar según el genotipo y las condiciones de procesamiento.

- **Diseño Completamente al Azar (DCA):** Es un diseño experimental en el cual los tratamientos se asignan aleatoriamente a las unidades experimentales, con la finalidad de evaluar sus efectos sobre las variables de respuesta, bajo condiciones de relativa homogeneidad.

- **Arreglo factorial:** Es una estructura experimental que permite estudiar simultáneamente dos o más factores, considerando sus diferentes niveles y combinaciones, para evaluar tanto sus efectos principales como sus posibles interacciones sobre las variables dependientes.

- **Prueba de Tukey:** Es un procedimiento estadístico de comparación múltiple de medias, utilizado generalmente después de un análisis de varianza, para identificar diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos y controlar el error asociado con las comparaciones múltiples.

- **Prueba de Friedman:** Es una prueba estadística no paramétrica utilizada para comparar tres o más condiciones relacionadas o tratamientos evaluados en bloques, especialmente cuando los datos son ordinales o no cumplen determinados supuestos de los métodos paramétricos.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1. Método de investigación

La presente investigación se desarrolló mediante el método científico, con enfoque cuantitativo y aplicación del método experimental, debido a que se evaluó el efecto de dos factores de estudio, el genotipo de cacao y el momento de cosecha, sobre las características fisicoquímicas, físicas y sensoriales de los granos de cacao (*Theobroma cacao* L.).

El procedimiento experimental comprendió la selección y recolección de mazorcas de los genotipos CCN-51 y Aromático en tres momentos de cosecha, seguidas de las operaciones de quiebra, desgrane, fermentación, secado y almacenamiento. Posteriormente, se realizaron los análisis de calidad correspondientes, con la finalidad de identificar las diferencias entre los tratamientos evaluados.

Los datos obtenidos se procesaron mediante procedimientos estadísticos paramétricos y no paramétricos, según la naturaleza de las variables, lo que permitió comparar los resultados y determinar el comportamiento de los genotipos en los diferentes momentos de cosecha.

3.2. Tipo y nivel de investigación

3.2.1. Tipo de investigación

La investigación fue de tipo aplicada, debido a que estuvo orientada a generar conocimientos técnicos que contribuyan a mejorar la selección de la

materia prima y las prácticas relacionadas con la obtención de granos de cacao de calidad para su aprovechamiento agroindustrial.

Asimismo, presentó un enfoque cuantitativo, puesto que las características fisicoquímicas y sensoriales de los granos se evaluaron mediante indicadores y procedimientos de medición que permitieron obtener datos susceptibles de análisis estadístico.

3.2.2. Nivel de investigación

La investigación correspondió al nivel explicativo, con alcance experimental, debido a que se buscó determinar el efecto del genotipo y del momento de cosecha sobre las características de calidad de los granos de cacao.

Para ello, se compararon los resultados de seis tratamientos experimentales, obtenidos de la combinación de dos genotipos y tres momentos de cosecha, con la finalidad de identificar los efectos individuales de los factores estudiados y su posible interacción.

3.3. Población y muestra

3.3.1. Población

La población de estudio estuvo constituida por aproximadamente 1 000 kg de granos de cacao (*Theobroma cacao* L.), correspondientes a los genotipos CCN-51 y Aromático, procedentes de las cosechas realizadas en el fundo “Katy”, ubicado en el caserío Víctor Raúl, distrito de Neshuya, provincia de Padre Abad, región Ucayali.

3.3.2. Muestra

La muestra estuvo conformada por una cantidad aproximada de 200 a 300 kg de cacao, obtenidos de los genotipos CCN-51 y Aromático durante los tres momentos de cosecha considerados en la investigación.

La selección de las mazorcas se realizó considerando sus características de madurez fisiológica y su estado fitosanitario. Se incluyeron aquellas que presentaron una coloración característica de madurez y se excluyeron las mazorcas con daños visibles ocasionados por plagas, enfermedades o deterioro físico.

Las muestras seleccionadas fueron identificadas según el genotipo y el momento de cosecha, con la finalidad de mantener su diferenciación durante las operaciones de beneficio y los análisis posteriores.

Dato pendiente de precisar: el peso definitivo de la muestra, la cantidad utilizada por repetición y el procedimiento de selección de las unidades experimentales.

3.4. Componentes en estudio

Los componentes en estudio estuvieron constituidos por dos factores experimentales: el genotipo de cacao (factor A) y el momento de cosecha (factor B). Ambos factores se evaluaron para determinar su efecto sobre las características fisicoquímicas, físicas y sensoriales de los granos.

Factor A (FA): Genotipo de cacao

- G1: CCN-51.
- G2: Aromático.

Factor B (FB): Momento de cosecha

- C1: Primera cosecha.
- C2: Segunda cosecha.
- C3: Tercera cosecha.

Las variables de respuesta comprendieron el potencial de hidrógeno (pH), la acidez, el contenido de humedad, el porcentaje de granos fermentados y los atributos sensoriales de color, aroma, sabor y amargor.

3.5. Tratamientos en estudio

Los tratamientos experimentales se establecieron mediante la combinación de los dos niveles del factor A (genotipo) y los tres niveles del factor B (momento de cosecha), obteniéndose seis tratamientos con tres repeticiones cada uno.

Tabla 4

Tratamientos experimentales según genotipo y momento de cosecha

Tratamiento	Genotipo	Momento de cosecha	Repeticiones
T1	CCN-51	Cosecha 1	R1, R2, R3
T2	CCN-51	Cosecha 2	R1, R2, R3
T3	CCN-51	Cosecha 3	R1, R2, R3
T4	Aromático	Cosecha 1	R1, R2, R3
T5	Aromático	Cosecha 2	R1, R2, R3
T6	Aromático	Cosecha 3	R1, R2, R3

En total, el experimento comprendió seis tratamientos y tres repeticiones, equivalentes a 18 unidades experimentales, siempre que las repeticiones hayan correspondido a unidades independientes.

3.6. Diseño experimental

Para la evaluación de las características fisicoquímicas de los granos de cacao se empleó un Diseño Completamente al Azar (DCA), con arreglo factorial de 2 × 3 y tres repeticiones. Los factores considerados fueron el genotipo de cacao, con dos niveles (CCN-51 y Aromático), y el momento de cosecha, con tres niveles (C1, C2 y C3).

Este diseño permitió evaluar los efectos principales de ambos factores, así como su interacción, sobre las variables de respuesta estudiadas.

3.6.1. Modelo estadístico

El modelo matemático correspondiente al diseño factorial fue el siguiente:

$$\mathbf{Yijk = \mu + Ti + Pj + (TxP)ij + Eijk}$$

Donde:

Yijk : Observaciones

μ: Efecto de la media general

Ti : Efecto uso de dos genotipos de cacao

Pj : Efecto de tiempos de cosecha de cacao

(TxP)ij: Efecto de la interacción

Eijk : Error experimental

3.6.2. Análisis estadístico

Los resultados de las variables fisicoquímicas se analizaron mediante análisis de varianza (ANOVA), considerando los efectos del genotipo, el momento de cosecha y su interacción.

Para la comparación de medias, cuando correspondió, se utilizó la prueba de Tukey con un nivel de significancia del 5% ($p \leq 0,05$), equivalente a un nivel de confianza del 95%. El procesamiento estadístico se realizó mediante el programa Statgraphics Centurion XVI.

La evaluación sensorial se analizó mediante la prueba no paramétrica de Friedman, considerando las valoraciones emitidas por 15 panelistas no entrenados. El procesamiento de estos datos se realizó mediante el programa InfoStat, versión 2016e.

La prueba de Friedman se expresó mediante la siguiente fórmula:

$$S = \frac{12}{nk(k+1)}\left[\sum_{j=1}^{K} R_j^2\right] - 3n(k+1)$$

Donde:

K: N° Tratamientos

n: N° Panelistas

R: Suma de rangos del j-esimo tratamiento

La aplicación de esta prueba supone que los mismos panelistas evaluaron los tratamientos comparados, de manera que sus respuestas constituyeran mediciones relacionadas.

3.7. Ejecución del experimento

La ejecución del experimento comprendió las actividades de obtención de la materia prima, acondicionamiento y beneficio de los granos de cacao, así como la determinación de sus características fisicoquímicas, físicas y sensoriales.

Las actividades se desarrollaron en dos etapas: una fase de campo, realizada en el fundo “Katy”, y una fase de laboratorio, efectuada en las instalaciones de la Universidad Nacional de Ucayali.

3.7.1. Ubicación y duración del estudio

La investigación se desarrolló en dos lugares. La fase de campo se realizó en el fundo “Katy”, ubicado en el caserío Víctor Raúl, distrito de Neshuya, provincia de Padre Abad, región Ucayali. En este lugar se efectuaron las operaciones de cosecha, quiebra, desgrane, fermentación, remoción y secado de los granos de cacao correspondientes a los genotipos CCN-51 y Aromático.

La fase de laboratorio se llevó a cabo en el Laboratorio de Tecnologías de Frutas y Hortalizas de la Facultad de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Nacional de Ucayali, donde se realizaron los análisis fisicoquímicos y sensoriales de las muestras obtenidas.

La duración del estudio comprendió el periodo de ejecución de las tres cosechas, las operaciones de beneficio y los análisis de laboratorio correspondientes.

Se debe completar este apartado con las fechas reales de inicio y finalización de la investigación.

3.7.2. Condiciones ambientales

Las actividades experimentales de campo se desarrollaron bajo las condiciones ambientales propias del distrito de Neshuya, caracterizado por un clima tropical cálido y húmedo, con temperaturas elevadas y precipitaciones durante gran parte del año.

Estas condiciones resultaron relevantes para las operaciones de fermentación y secado de los granos de cacao, debido a que la temperatura y la humedad ambiental pueden influir en la duración y el comportamiento de dichos procesos.

Durante la fermentación se utilizaron cajas de madera de tornillo, cubiertas con hojas de plátano, con la finalidad de favorecer la conservación del calor generado por la actividad microbiana.

El secado se realizó mediante exposición solar, utilizando mantadas de color negro, hasta alcanzar un contenido de humedad aproximado del 7 %.

Los análisis de laboratorio se efectuaron en las instalaciones de la Universidad Nacional de Ucayali, empleando los equipos e instrumentos correspondientes a cada determinación.

Importante: para completar este apartado con rigor científico, deben incorporarse los registros disponibles de temperatura ambiental, humedad relativa y condiciones meteorológicas durante el periodo experimental. No es recomendable presentar valores climáticos estimados como si hubieran sido medidos durante el estudio.

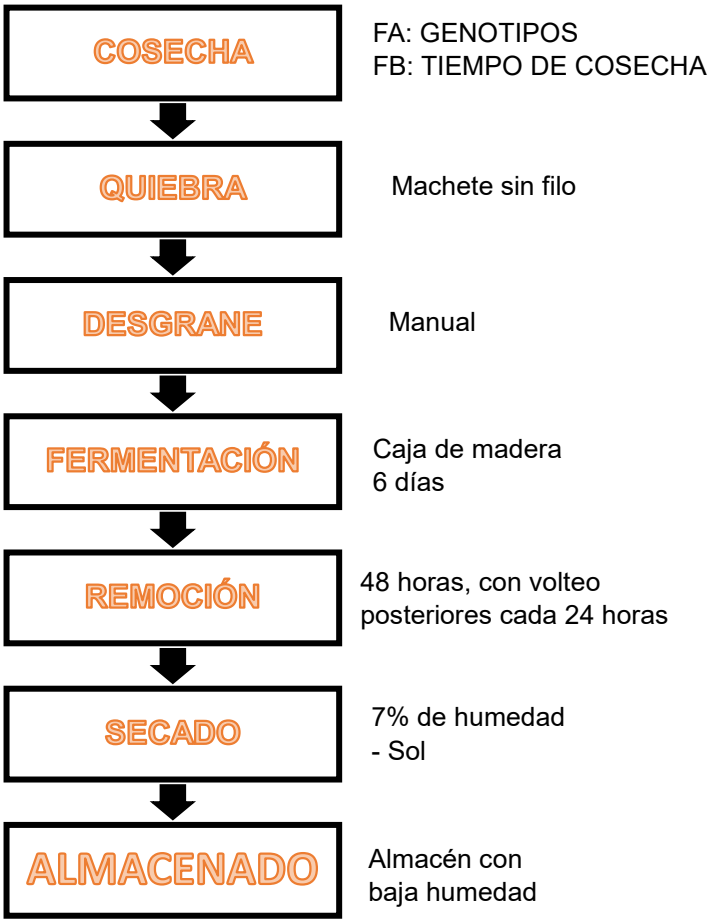
3.7.3. Proceso experimental

El proceso experimental comprendió las operaciones necesarias para la obtención de granos de cacao fermentados y secos, a partir de mazorcas de los genotipos CCN-51 y Aromático recolectadas en tres momentos de cosecha.

Las operaciones se realizaron siguiendo una secuencia de actividades que permitió conservar la identificación de las muestras y obtener los granos destinados a los análisis de calidad.

Figura 1

Diagrama de bloques del proceso de obtención de granos de cacao



Fuente: Elaboración propia (2025). Diagrama esquemático basado en las operaciones descritas en la investigación.}

Cosecha

Se recolectaron mazorcas de cacao de los genotipos CCN-51 y Aromático, seleccionando aquellas que presentaron características se recolectaron mazorcas de cacao de los genotipos CCN-51 y Aromático, seleccionando aquellas que presentaron características externas correspondientes a su estado de madurez. La identificación se realizó principalmente mediante la coloración característica de cada material genético. El corte de las mazorcas se efectuó a nivel del pedúnculo, utilizando herramientas apropiadas, como tijeras de podar o cuchillas curvas. Posteriormente, las mazorcas se agruparon y clasificaron según el genotipo y el momento de cosecha. Se descartaron aquellas que presentaron daños físicos, signos de enfermedades o afectaciones ocasionadas por plagas, con la finalidad de utilizar materia prima en condiciones adecuadas para el experimento. Quiebra las mazorcas seleccionadas fueron sometidas al proceso de quiebra para facilitar la extracción de las semillas. Esta operación se realizó utilizando un machete corto sin filo, procurando evitar daños mecánicos en los granos. Se tuvo especial cuidado durante la apertura de las mazorcas, debido a que las lesiones en las semillas pueden afectar su calidad y favorecer alteraciones durante las operaciones posteriores.

Desgrane

Después de la quiebra, se procedió a retirar manualmente las semillas del interior de las mazorcas, separándolas de la placenta y otros residuos vegetales. Los granos extraídos fueron depositados en recipientes plásticos limpios y

posteriormente trasladados al área destinada a la fermentación, manteniendo su identificación según el tratamiento experimental.

Fermentación

La fermentación de los granos de cacao se realizó en cajas elaboradas con madera de tornillo, las cuales fueron cubiertas con hojas de plátano para favorecer la conservación del calor producido durante el proceso. Esta operación tuvo una duración aproximada de seis a siete días, periodo durante el cual se desarrollaron transformaciones microbiológicas y bioquímicas relacionadas con la formación de precursores del aroma, sabor y color característicos del cacao.

Remoción

Durante la fermentación se realizaron remociones periódicas de la masa de cacao, con la finalidad de favorecer la aireación y promover condiciones más uniformes entre los granos. La primera remoción se efectuó a las 48 horas de iniciado el proceso, mientras que las posteriores se realizaron cada 24 horas hasta finalizar la fermentación.

Secado

Finalizada la fermentación, los granos fueron sometidos a secado solar mediante su distribución sobre mantadas de color negro. El proceso se inició de manera gradual para facilitar la eliminación del agua y la reducción de los compuestos volátiles presentes en los granos. El secado tuvo como finalidad disminuir el contenido de humedad hasta alcanzar aproximadamente el 7%, condición favorable para su conservación y almacenamiento.

Almacenamiento

Los granos de cacao secos fueron colocados en sacos de tela limpios y en buenas condiciones, con la finalidad de evitar su contaminación y deterioro. Posteriormente, se almacenaron sobre parihuelas, evitando el contacto directo con el suelo y reduciendo el riesgo de absorción de humedad.

3.7.4. Variables evaluadas

Durante la ejecución de la investigación se evaluaron las características fisicoquímicas, físicas y sensoriales de los granos de cacao de los genotipos CCN-51 y Aromático, correspondientes a tres momentos de cosecha. Estas determinaciones permitieron comparar la calidad de las muestras en función de los factores experimentales establecidos.

Evaluación de las características fisicoquímicas

- **Determinación del contenido de humedad**

  El contenido de humedad de los granos de cacao se determinó mediante el método AOAC 950.27 (2005), de acuerdo con el procedimiento analítico empleado en el laboratorio. Los resultados se expresaron como porcentaje de humedad (%), con la finalidad de evaluar la cantidad de agua presente en las muestras.

- **Determinación de la acidez titulable**

  La acidez titulable se determinó mediante el método AOAC 942.15 (2005), utilizando una solución de hidróxido de sodio (NaOH) 0,1 N y fenolftaleína como indicador, de acuerdo con el procedimiento analítico

correspondiente. Los resultados se expresaron en porcentaje de acidez, considerando el ácido de referencia utilizado en el cálculo.

- **Determinación del potencial de hidrógeno (pH)**

  El pH se determinó mediante el método potenciométrico, tomando como referencia el método AOAC 981.12 (2005). Para ello, se empleó un pH-metro digital, previamente calibrado con soluciones amortiguadoras de pH 4 y 7. Esta evaluación permitió determinar el grado de acidez de las muestras de cacao correspondientes a los tratamientos experimentales.

Evaluación de las características físicas

- **Determinación del porcentaje de granos fermentados**

  Se evaluó el porcentaje de granos fermentados con la finalidad de identificar la proporción de semillas que presentaron características internas asociadas con el proceso de fermentación. Para su determinación, debe especificarse el procedimiento de evaluación utilizado, el número de granos examinados y los criterios empleados para su clasificación.

- **Evaluación de las características sensoriales**

  La evaluación sensorial se realizó con la participación de 25 panelistas no entrenados, quienes valoraron las características de las muestras correspondientes a los tratamientos experimentales.

  Para la ejecución de las pruebas se acondicionaron espacios individuales de evaluación, identificados mediante numeración correlativa, con la finalidad de reducir la comunicación entre los panelistas durante el

desarrollo de la actividad.

Las muestras fueron identificadas mediante códigos aleatorios y presentadas en platos descartables. Asimismo, se proporcionó agua para el enjuague bucal entre las evaluaciones, con la finalidad de reducir la interferencia sensorial entre muestras.

Los atributos evaluados fueron los siguientes:

- **Color:** característica visual de las muestras, relacionada con su apariencia y las transformaciones ocurridas durante el procesamiento.
- **Aroma:** percepción olfativa de los compuestos volátiles presentes en las muestras.
- **Sabor:** percepción sensorial de las características gustativas del cacao.
- **Amargor:** intensidad de la sensación amarga percibida durante la evaluación.

Los resultados se registraron en cartillas de evaluación sensorial y se analizaron mediante la prueba no paramétrica de Friedman, utilizando el programa estadístico InfoStat, versión 2016e.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

4.1. Características fisicoquímicas del grano de cacao fresco

Los parámetros fisicoquímicos del grano de cacao comprenden las propiedades medibles, como pH, Acidez titulable y grados brix y otros indicadores químicos, que permiten evaluar el estado del grano. Estos parámetros resultan determinantes para establecer la calidad final del cacao, ya que influyen directamente en sus características sensoriales, en su estabilidad durante el almacenamiento y en su aptitud para los procesos de transformación industrial. Para establecer si existe efecto entre los diferentes genotipos de cacao y momentos de cosecha sobre la composición fisicoquímico del grano fresco de cacao se analizaron la variable pH, acidez y sólidos totales.

4.1.1. pH

El análisis de varianza realizado sobre el parámetro fisicoquímico de pH, con un nivel de significancia de $p \leq 0.05$ y un 95% de confianza, se presenta en el anexo tabla 24A. Los resultados evidencian diferencias estadísticamente significativas en el factor A, correspondiente a los distintos genotipos de cacao. En contraste, no se identificaron diferencias relevantes para el factor B, referido a los tiempos de cosecha. De igual forma, la interacción entre los factores A y B no mostró efectos significativos sobre el parámetro evaluado.

En la tabla 5, se presentan los valores de pH obtenidos en granos de cacao fresco correspondientes a los genotipos CCN-51 y Aromático. Para ambos casos se trabajó con un tamaño de muestra de $n = 9$, encontrándose

diferencias significativas entre los promedios, de acuerdo con la prueba de rangos múltiples de Tukey ($p \leq 0.05$). El genotipo CCN-51 registró un valor promedio de 5.17, mientras que el genotipo Aromático alcanzó un valor de 5.65. Lo que indica que cada genotipo presenta un comportamiento particular respecto al parámetro fisicoquímico de pH en estado fresco. De manera general, se observa que el Aromático presentó un pH más elevado que el CCN-51, lo cual refleja una menor acidez relativa en este genotipo.

Tabla 5

Comparación de rangos múltiples de Tukey para pH de granos de cacao fresco

Genotipos	n	Media	Grupos (*)
CCN-51	9	5.17	a
Aromático	9	5.65	b

***Medias con diferentes letras indican una diferencia significativa a $p \leq 0.05$.

4.1.2. Acidez titulable

El análisis de varianza realizado sobre el parámetro fisicoquímico de pH, con un nivel de significancia de $p \leq 0.05$ y un 95% de confianza, se presenta en el anexo tabla 25A. Los resultados indican que existen diferencias estadísticamente significativas en el factor A, correspondiente a los distintos genotipos de cacao. No se identificaron diferencias relevantes para el factor B, referido a los tiempos de cosecha. De igual forma, la interacción entre los factores A y B no mostró efectos significativos sobre el parámetro evaluado.

La Tabla 6, la comparación de rangos múltiples de Tukey de acidez titulable de granos de cacao fresco, de dos genotipos: CCN-51 y Aromático. Los

resultados indican que el CCN-51 presenta un valor medio de acidez titulable de 0.018, mientras que el Aromático alcanza un valor superior de 0.063. El análisis estadístico evidencia diferencias significativas entre ambos genotipos ($p \leq 0.05$), lo cual confirma que los niveles de acidez titulable varían de manera significativa según el genotipo evaluado. Estos resultados sugieren que el cacao Aromático presenta una acidez titulable más elevada, lo que podría estar relacionado con sus características sensoriales y perfiles de fermentación, mientras que CCN-51 exhibe valores más bajos, lo cual podría implicar diferencias en la calidad tecnológica y en el manejo postcosecha de los granos.

Tabla 6

Comparación de rangos múltiples de Tukey para acidez titulable de granos de cacao fresco

Genotipos	n	Media	Grupos (*)
CCN-51	9	0.018	a
Aromático	9	0.063	b

*Medias con diferentes letras indican una diferencia significativa a $p \leq 0.05$.

4.1.3. Sólidos solubles

El análisis de varianza realizado sobre el parámetro fisicoquímico de solidos solubles, con un nivel de significancia de $p \leq 0.05$ y un 95% de confianza, se presenta en el anexo tabla 26A. Los resultados indican que existen diferencias estadísticamente significativas en el factor A, correspondiente a los distintos genotipos de cacao. No se identificaron diferencias relevantes para el factor B, referido a los tiempos de cosecha. De igual forma, la interacción entre los factores A y B no mostró efectos significativos sobre el parámetro evaluado.

En la Tabla 7, se presentan los resultados de la comparación de rangos múltiples de Tukey para el contenido de sólidos solubles en granos de cacao fresco. Se observó que el genotipo Aromático registró un valor promedio de 0.68 °Brix, mientras que el genotipo CCN-51 alcanzó una media de 0.64 °Brix. La prueba estadística evidenció diferencias significativas entre ambos genotipos ($p \leq 0.05$), asignándolos a diferentes grupos a y b. Estos resultados indican que el genotipo Aromático posee un mayor contenido de sólidos solubles en comparación con CCN-51, lo cual podría influir positivamente en la calidad sensorial y tecnológica del grano, especialmente en procesos como la fermentación y la producción de chocolate.

Tabla 7

Comparación de rangos múltiples de Tukey para solidos solubles de granos de cacao fresco

Genotipos	n	Media	Grupos (*)
CCN-51	9	0.64	a
Aromático	9	0.68	b

*Medias con diferentes letras indican una diferencia significativa a $p \leq 0.05$.

4.2. Características químicas del grano de cacao seco fermentado

Con el propósito de determinar la incidencia en la composición fisicoquímica de los granos de cacao sometidos a un proceso de fermentación y secado, se evaluaron las variaciones de pH, acidez y humedad, considerando tanto los distintos eco tipos como los diversos periodos de cosecha.

4.2.1. Resultados de pH

El análisis de varianza realizado sobre el parámetro fisicoquímico de pH, con un nivel de significancia de $p \leq 0.05$ y un 95% de confianza, se presenta en el anexo tabla 27A. Los resultados evidencian diferencias estadísticamente significativas en el factor A, correspondiente a los distintos genotipos de cacao. En contraste, no se identificaron diferencias relevantes para el factor B, referido a los tiempos de cosecha. De igual forma, la interacción entre los factores A y B no mostró efectos significativos sobre el parámetro evaluado.

En la Tabla 8, se presentan los resultados del análisis de comparación de rangos múltiples de Tukey para el pH de los granos de cacao seco correspondientes a dos genotipos: CCN-51 y Aromático. Se observa que el genotipo CCN-51 presentó un valor promedio de pH de 5.58, mientras que el genotipo Aromático obtuvo un valor promedio de 5.91. De acuerdo con la prueba de Tukey, las letras asignadas indican diferencias significativas entre los tratamientos ($p \leq 0.05$). En este caso, los genotipos presentan letras distintas, lo que evidencia que existe una diferencia significativa entre ambos en cuanto al pH de los granos secos. Estos resultados indican que el genotipo Aromático tiende a presentar un pH ligeramente más alto en comparación con el CCN-51, lo cual podría estar relacionado con diferencias en su composición química o en el proceso de fermentación y secado de los granos.

Tabla 8

Comparación de rangos múltiples de Tukey para pH de granos de cacao seco

Genotipos	n	Media	Grupos (*)
CCN-51	9	5.58	a
Aromático	9	5.91	b

*Medias con diferentes letras indican una diferencia significativa a p ≤ 0.05.

4.2.2. Resultados de acidez titulable

El análisis de varianza realizado sobre el parámetro fisicoquímico de acidez titulable, con un nivel de significancia de p ≤ 0.05 y un 95% de confianza, se presenta en el anexo tabla 28A. Los resultados evidencian diferencias estadísticamente significativas en el factor A y B, correspondiente a los distintos genotipos de cacao y los tiempos de cosecha, así mismo, en la interacción de estos factores AB.

En la Tabla 9, correspondiente al factor Genotipos, se comparan las variedades CCN-51 y Aromático, cada una con nueve repeticiones. Los resultados muestran que el genotipo CCN-51 presentó una media de 0.061, mientras que el genotipo Aromático registró una media de 0.123, ubicándose en diferentes grupos estadísticos de a y b, lo cual evidencia diferencias significativas en la acidez titulable entre ambas variedades. Este resultado indica que el factor genético ejerce una influencia determinante sobre las características químicas del grano seco.

Tabla 9

Comparación de rangos múltiples de Tukey para acidez titulable de granos de cacao seco (A)

Genotipos	n	Media	Grupos (*)
CCN-51	9	0.061	a
Aromático	9	0.123	b

*Medias con diferentes letras indican una diferencia significativa a p ≤ 0.05.

Mientras que la Tabla 10, corresponde al factor Tiempos de cosecha, en la que se evaluaron tres momentos: Cosecha 1, Cosecha 2 y una Cosecha general, cada una con nueve repeticiones. Las medias obtenidas oscilaron entre 0.090 y 0.091, observándose que Cosecha 1 se distingue estadísticamente de las demás, al pertenecer a un grupo diferente b, mientras que Cosecha 2 y Cosecha general comparten el mismo grupo a. Este comportamiento indica que el tiempo o momento de cosecha incide significativamente en la acidez titulable del grano seco.

Tabla 10

Comparación de rangos múltiples de Tukey para acidez titulable de granos de cacao seco (B)

Genotipos	n	Media	Grupos (*)
Cosecha 2	9	0.090	a
Cosecha 3	9	0.090	a
Cosecha 1	9	0.091	b

*Medias con diferentes letras indican una diferencia significativa a p ≤ 0.05.

4.2.3. Resultados de contenido de humedad

El análisis de varianza realizado sobre el parámetro físico de humedad, con un nivel de significancia de $p \leq 0.05$ y un 95% de confianza, se presenta en el anexo tabla 29A. Los resultados evidencian diferencias estadísticamente significativas en el factor A y B, correspondiente a los distintos genotipos de cacao y los tiempos de cosecha, así mismo, en la interacción de estos factores AB no se encontraron diferencias significativas.

En la Tabla 11, se presentan los resultados del análisis de comparación de rangos múltiples de Tukey para el porcentaje de humedad de los granos de cacao seco correspondientes a dos genotipos: CCN-51 y Aromático. La media de humedad del genotipo Aromático fue de 6,3%, por otro lado, el genotipo CCN-51 tuvo una media más alta, de 7,0%. Estos dos genotipos pertenecen a distintos grupos estadísticos a y b. Esta distinción indica que hay diferencias significativas desde el punto de vista estadístico en el contenido de humedad del cacao seco entre los dos tipos, lo que demuestra que la genética tiene un impacto importante en las propiedades físicas del grano, especialmente en su comportamiento a lo largo del proceso de secado.

Tabla 11

Comparación de rangos múltiples de Tukey para humedad de granos de cacao seco (A)

Genotipos	n	Media	Grupos (*)
Aromático	9	6.3	a
CCN-51	9	7.0	b

*Medias con diferentes letras indican una diferencia significativa a $p \leq 0.05$.

La Tabla 12, se refiere al factor de cosecha (Cosecha 1, Cosecha 2 y Cosecha 3), cada uno con nueve repeticiones, fueron analizados. Los valores promedio de humedad fluctuaron entre el 6,45% y el 6,85%. Se observo que la cosecha 3 tuvo la menor cantidad de humedad 6.45% y se situó en un grupo estadístico distinto, después cosecha 2 y Cosecha 1, que fue la que tuvo el mayor valor 6.85%. Probablemente a causa de las variaciones en el ambiente durante el proceso de secado, este comportamiento señala que la humedad del cacao seco se ve afectada considerablemente por el tiempo de recolección.

Tabla 12

Comparación de rangos múltiples de Tukey para humedad de granos de cacao seco (B)

Genotipos	n	Media	Grupos (*)
Cosecha 3	9	6.45	a
Cosecha 2	9	6.65	b
Cosecha 1	9	6.85	c

*Medias con diferentes letras indican una diferencia significativa a $p \leq 0.05$.

4.3. Características físicas del grano de cacao seco fermentado

Las propiedades químicas del grano de cacao seco fermentado se analizan en estrecha relación con los resultados de la prueba de corte, un instrumento esencial para determinar el nivel de fermentación y la calidad del grano. Esta prueba permite identificar y medir granos de diferentes tipos: con buena fermentación, semi fermentados, pizarrosos, mohosos y defectuosos. Estos indican el grado de transformación química que se logró durante la fermentación y el secado.

4.3.1. Resultados de granos bien fermentados.

El análisis de la varianza que se realizó sobre el parámetro físico de granos bien fermentados, con un nivel de significación de $p \leq 0.05$ y un intervalo de confianza del 95%, cuyos resultados se presentan en el anexo tabla 40A, mostró que solo para el factor A, que representa los variados genotipos de cacao analizados, había diferencias estadísticamente relevantes. Igualmente, no se observó un impacto significativo en la variable analizada debido a la interacción entre los factores A y B, por lo que no se encontraron diferencias estadísticas asociadas a esta interacción.

Los resultados relacionados con el control de granos bien fermentados se muestran en la tabla 15. Los resultados muestran que el genotipo aromático llegó a un promedio de 96,56, superando al genotipo CCN-51, que tuvo una media de 93,01. Esta disparidad señala una conducta particular entre los dos genotipos, ya que el genotipo aromático, de los 100 granos analizados, evidenció el rendimiento más beneficioso en lo que respecta a la fermentación. Esta distinción en el porcentaje de granos bien fermentados entre el genotipo aromático y el CCN-51 es consecuencia de las particularidades estructurales y genéticas del grano. El genotipo aromático tiene una respuesta más favorable al manejo postcosecha y es más fácil de actuar a nivel microbiano, lo cual contribuye a una fermentación más equilibrada. Por otro lado, el CCN-51 necesita condiciones de control más rigurosas para llegar a niveles parecidos, lo cual justifica su media inferior de granos bien fermentados.

Tabla 113

Comparación de rangos múltiples de Tukey para granos bien fermentados (A)

Genotipos	n	Media	Grupos (*)
Aromático	9	96.56	a
CCN-51	9	93.01	b

*Medias con diferentes letras indican una diferencia significativa a p ≤ 0.05.

4.3.2. Resultados de granos semi fermentados

El análisis de la varianza que se realizó sobre el parámetro físico de granos semi fermentados, con un nivel de significación de p ≤ 0.05 y un intervalo de confianza del 95%, cuyos resultados se presentan en el anexo tabla 31A, mostró que presenta diferencias en ambos factores de estudio A y B, que representa los variados genotipos de cacao analizados y tiempos de cosecha, pero es más diferenciado en el factor A. Así mismo, no se observó un impacto significativo en la interacción entre los factores A y B.

La Tabla 14, muestra los resultados para los granos semi fermentados. Se puede ver que el genotipo aromático tuvo un promedio de 4,44, que es menor al del CCN-51, que fue de 6,44. Estos resultados señalan que en el genotipo aromático hay un porcentaje más bajo de granos semifermentados, lo cual es indicativo de una fermentación más eficiente en comparación con el CCN-51. Esta diferencia se debe a las propiedades estructurales y genéticas de los genotipos. El genotipo aromático tiene una fermentación más eficaz por la mayor disponibilidad de compuestos que pueden ser fermentados y por una estructura del grano que favorece la difusión de metabolitos. El CCN-51, en cambio, presenta una fermentación menos uniforme debido a que su testa es más densa

y firme, lo cual hace que haya un número más elevado de granos semifermentados.

Tabla 14

Comparación de rangos múltiples de Tukey para granos semi fermentados (A)

Genotipos	n	Media	Grupos (*)
Aromático	9	4.44	a
CCN-51	9	6.44	b

*Medias con diferentes letras indican una diferencia significativa a p ≤ 0.05.

Asimismo, las medias para las distintas épocas de cosecha se muestran en la Tabla 15. A pesar de que el análisis de varianza demuestra que hay diferencias entre los factores evaluados, la comparación de rangos múltiples señala que estas diferencias son mínimas, ya que se puede ver que la cosecha 1 y la cosecha 2 tienen valores muy cercanos a los de la cosecha 3.

Tabla 15

Comparación de rangos múltiples de Tukey para granos semi fermentados (B)

Genotipos	n	Media	Grupos (*)
Cosecha 1	9	4.33	a
Cosecha 3	9	5.67	ab
Cosecha 2	9	6.33	b

*Medias con diferentes letras indican una diferencia significativa a p ≤ 0.05.

4.3.3. Resultados de granos sobrefermentados

El análisis de la varianza que se realizó sobre el parámetro físico de granos sobre fermentados, con un nivel de significación de $p \leq 0.05$ y un intervalo de confianza del 95%, cuyos resultados se presentan en el anexo tabla 32A, mostró que solo para el factor A, que representa los variados genotipos de cacao analizados, había diferencias estadísticamente relevantes. Por lo que, no se observó un impacto significativo en la interacción entre los factores A y B.

La Tabla 16, muestra los resultados de la variable granos sobrefermentados. Se observa que el genotipo aromático tuvo un promedio de 2,45, lo cual fue menor que el del genotipo CCN-51, cuyo promedio fue de 3,45. Estos resultados muestran que existen diferencias entre los dos genotipos en lo que respecta a la cantidad de granos sobrefermentados analizados. Esta disparidad puede explicarse por cómo reacciona cada genotipo de manera distinta al proceso de fermentación.

Tabla 16

Comparación de rangos múltiples de Tukey para granos sobre fermentados (A)

Genotipos	n	Media	Grupos (*)
Aromático	9	2.45	a
CCN-51	9	3.45	b

*Medias con diferentes letras indican una diferencia significativa a $p \leq 0.05$.

4.3.4. Resultados de granos violetas

El análisis de la varianza que se realizó sobre el parámetro físico de granos violetas, con un nivel de significación de $p \leq 0.05$ y un intervalo de

confianza del 95%, cuyos resultados se presentan en el anexo tabla 33A, mostró que no existen diferencias estadísticamente significativas para los factores de estudio A y B. Asimismo, se observó un impacto significativo en la interacción entre los factores A y B.

Los datos sobre los granos violetas, presentados en la Tabla 15, muestran que el análisis de varianza no encontró diferencias estadísticamente significativas. La prueba de Tukey confirma que ambos genotipos de cacao tienen valores medios similares en esta variable, sugiriendo poca variación entre ellos en este aspecto.

Tabla 17

Comparación de rangos múltiples de Tukey para granos violetas (A)

Genotipos	n	Media	Grupos (*)
Aromático	9	0.77	a
CCN-51	9	1.62	a

*Medias con diferentes letras indican una diferencia significativa a $p \leq 0.05$.

4.3.5. Resultados de granos pizarrosos

El análisis de la varianza que se realizó sobre el parámetro físico de granos pizarrosos, con un nivel de significación de $p \leq 0.05$ y un intervalo de confianza del 95%, cuyos resultados se presentan en el anexo tabla 97A, mostró que no existen diferencias estadísticamente significativas para los factores de estudio A y B. Asimismo, no se observó un impacto significativo en la interacción entre los factores A y B.

De acuerdo con la prueba de Tukey, no hay distinciones entre los factores de estudio A, como lo indica la tabla 16; por consiguiente, las medias presentan valores parecidos.

Tabla 18

Comparación de rangos múltiples de Tukey para granos pizarrosos (A)

Genotipos	n	Media	Grupos (*)
Aromático	9	0.33	a
CCN-51	9	0.44	a

*Medias con diferentes letras indican una diferencia significativa a p ≤ 0.05.

4.3.6. Resultados de granos con moho

El análisis de la varianza que se realizó sobre el parámetro físico de granos con moho, con un nivel de significación de p ≤ 0.05 y un intervalo de confianza del 95%, cuyos resultados se presentan en el anexo tabla 48A, mostró que no existen diferencias estadísticamente significativas para los factores de estudio A y B. Asimismo, no se observó un impacto significativo en la interacción entre los factores A y B.

La prueba de Tukey corrobora que no hay diferencias estadísticamente notables entre los genotipos analizados en la variable de granos con moho, debido a que ambos pertenecen al mismo grupo estadístico. El CCN-51 tiene una media un poco más alta que el genotipo aromático, pero esta diferencia no es importante. Esto muestra que ni el tiempo de cosecha ni el genotipo afectan significativamente la presencia de granos con moho. Esto se debe a que los dos genotipos y las épocas de cosecha fueron tratados en condiciones postcosecha parecidas; por lo tanto, los factores ambientales y de manejo tuvieron más impacto sobre la presencia de moho que el genotipo o la cosecha.

Tabla 19

***Comparación de rangos múltiples de Tukey para granos con moho* (A)**

Genotipos	n	Media	Grupos (*)
Aromático	9	0.44	a
CCN-51	9	0.77	a

*Medias con diferentes letras indican una diferencia significativa a p ≤ 0.05.

4.4. Características sensoriales del grano seco fermentado de cacao

Las evaluaciones sensoriales se llevaron a cabo en dos genotipos de cacao, CCN-51 y aromático, con el propósito de analizar las características sensoriales del grano seco fermentado y determinar cuál de ellos presenta un desempeño superior en cuanto a textura, color y aroma del grano. Los datos obtenidos fueron procesados mediante el análisis estadístico en el software InfoStat, lo que permitió establecer de manera objetiva el genotipo que exhibe mejores atributos sensoriales y, en consecuencia, una mayor calidad del grano de cacao.

4.4.1. Prueba de Friedman para color.

Los resultados del test de Friedman, aplicados a granos de cacao de dos genotipos para el atributo color, fue evaluado por 15 panelistas, el análisis sensorial mostró diferencias que son estadísticamente significativas entre los genotipos de cacao a un p valor 0,0004. El genotipo aromático tuvo un promedio de rangos más alto 1,80, lo que lo colocó en un grupo estadístico superior; por su parte, el CCN-51 mostró un rango menor 1,20. Estos resultados indican que el genotipo aromático fue más apreciado sensorialmente en términos del color del grano.

Tabla 20

Atributo color mediante la prueba de Friedman

Tratamientos	n	*p*	Media* (R)
CCN - 51	15	0.0004	1.20 [a]
AROMATICO			1.80 [b]

Los valores promedios pertenecen a una escala de 1 a 5.
*Medias con diferentes letras indican una diferencia significativa a p > 0.05.

Los panelistas pudieron apreciar diferencias entre ambos granos de cacao de dos genotipos, puesto a que la coloración entre ambos es marca por la tonalidad entre ambos. En la presente investigación, los granos de cacao seco fermentados de la variedad Aromática presentaron una coloración marrón clara a rojiza, mientras que los granos de la variedad CCN-51 mostraron tonalidades marrones oscuro más intensas. Estas diferencias responden a las características genéticas propias de cada material, particularmente a la concentración de polifenoles. No obstante, en ambos casos, la coloración observada se encuentra dentro de los criterios establecidos por la Norma Técnica Peruana NTP-ISO 2451:2018, la cual considera la tonalidad marrón uniforme como indicativa de una fermentación adecuada, independientemente de la variedad evaluada.

4.4.2. Prueba de Friedman para aroma

El análisis del test de Friedman, realizado sobre granos de cacao de dos genotipos para el atributo aroma y evaluados por 15 panelistas, mostró diferencias significativas desde el punto de vista estadístico entre los genotipos a un p valor 0.0001. El genotipo aromático mostró un promedio de rangos más alto 1,93, lo que permitió una valoración sensorial más alta. En contraste, el

genotipo CCN-51 tuvo un rango más bajo 1,07. Estos resultados muestran que el genotipo aromático fue más valorado en términos sensoriales en lo que respecta al aroma del grano, evidenciando un nivel de intensidad y aceptación olfativa mayor que el CCN-51.

Tabla 21

Atributo aroma mediante la prueba de Friedman

Tratamientos	n	*p*	Media* (R)
CCN - 51	15	0.0001	1.07 [a]
AROMATICO			1.93 [b]

Los valores promedios pertenecen a una escala de 1 a 5.
*Medias con diferentes letras indican una diferencia significativa a p > 0.05.

Respecto al atributo aroma, los granos de cacao seco fermentados de la variedad Aromática fue percibida por los panelistas con ciertos aromas a chocolate y ligeramente acida. En contraste, la variedad CCN-51 mostró un aroma más intenso el ácido, dominado aroma típico cacao y en algunos casos a humedad. Estas diferencias se explican por la composición genética de cada material y su contenido de polifenoles. No obstante, en ambos casos, los aromas percibidos fueron limpios y característicos del cacao fermentado, cumpliendo con los criterios de calidad establecidos por la Norma Técnica Peruana NTP-ISO 2451:2018, al no evidenciarse olores extraños asociados a defectos postcosecha.

4.4.3. Prueba de Friedman para sabor

El análisis de Friedman, llevado a cabo para el atributo sabor de granos de cacao de dos genotipos y evaluado por un panel de 15 panelistas, mostró

variaciones estadísticamente relevantes entre los tratamientos a un p valor 0.0001. El genotipo aromático tuvo un promedio de rangos más alto 1,87. Por otro lado, el rango del genotipo CCN-51 fue inferior 1,13. Estos resultados muestran que el genotipo aromático tuvo una mejor valoración sensorial en términos del sabor del grano, lo que refleja una mayor aceptación por parte de los miembros del panel sensorial. El CCN-51, en cambio, tuvo una valoración más baja para este atributo, lo que demuestra que el sabor del grano seco fermentado está fuertemente influido por el genotipo bajo las condiciones de evaluación determinadas.

Tabla 22

Atributo sabor mediante la prueba de Friedman

Tratamientos	n	*p*	Media* (R)
CCN - 51	15	0.0001	1.13 [a]
AROMATICO			1.87 [b]

Los valores promedios pertenecen a una escala de 1 a 5.
*Medias con diferentes letras indican una diferencia significativa a p > 0.05.

En cuanto al atributo sabor, los panelistas pudieron diferenciar los granos de cacao seco fermentados de la variedad Aromática y CCN 51. Los cuales presentaron ligeramente dulce a chocolate en el caso del Aromático, con menor percepción de amargor y astringencia. Por su parte, la variedad CCN-51 mostró un sabor más intenso y persistente, con mayor presencia de amargor y acidez. No obstante, en ambas variedades el sabor fue característico de cacao fermentado y estuvo libre de sabores extraños, cumpliendo con los criterios de calidad establecidos por la Norma Técnica Peruana NTP-ISO 2451:2018.

4.4.4. Prueba de Friedman para amargor

Las diferencias entre los tratamientos fueron estadísticamente significativas a un p valor 0,0001, cuando se aplicaron los resultados de la prueba de Friedman en el atributo amargor de granos de cacao pertenecientes a dos genotipos y evaluados por un grupo de 15 panelistas. El genotipo aromático tuvo un rango más bajo 1,10, en tanto que el genotipo CCN-51 mostró un rango más alto 1,90. Estos resultados señalan que el genotipo CCN-51 mostró un amargor más intenso, lo cual coincide con las propiedades sensoriales propias de este clon, que usualmente está asociado a sabores más amargos y fuertes. En cambio, el genotipo aromático tuvo una percepción de amargor más baja, lo que indica un perfil sensorial más balanceado y para los panelistas.

Tabla 23

Atributo amargor mediante la prueba de Friedman

Tratamientos	n	*p*	Media* (R)
AROMATICO	15	0.0001	1.10 [a]
CCN - 51			1.90 [b]

Los valores promedios pertenecen a una escala de 1 a 5.
*Medias con diferentes letras indican una diferencia significativa a p > 0.05.

Respecto al amargor, los panelistas percibieron los granos de cacao seco fermentados; en cuanto a la variedad Aromática presentaron una intensidad baja a moderada, evidenciando un perfil sensorial más equilibrado y agradable. En contraste, la variedad CCN-51 mostró una percepción de amargor más marcada y persistente, atribuible a su mayor contenido de polifenoles. No obstante, en ambos casos el amargor se mantuvo dentro de niveles aceptables y no estuvo

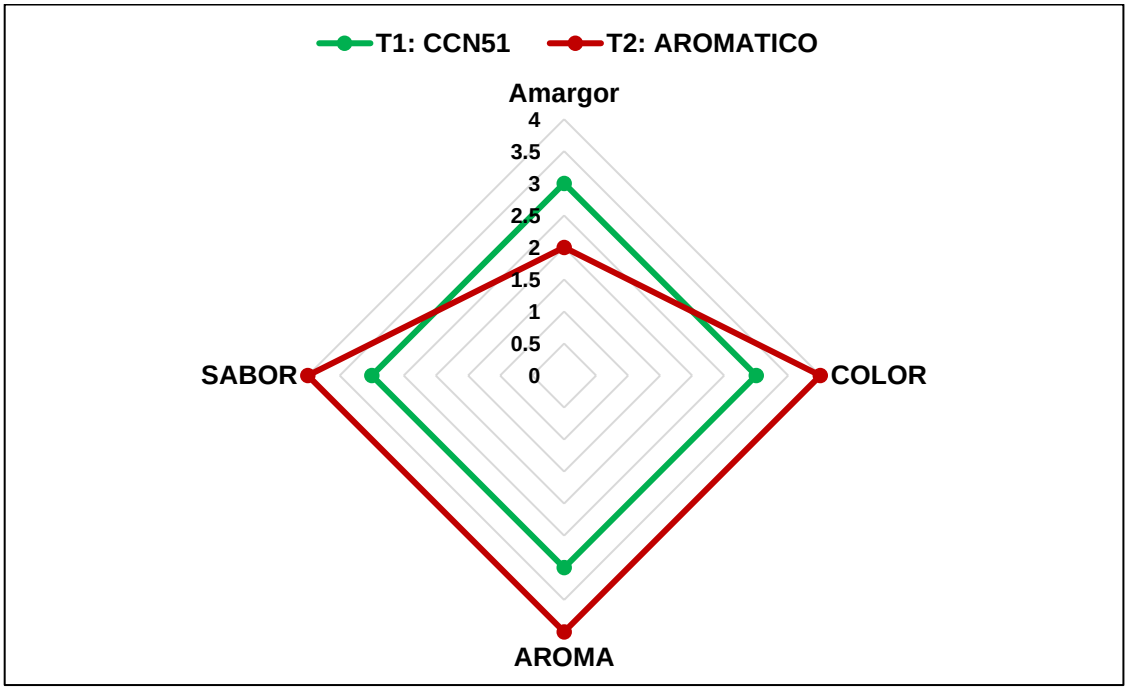
asociado a sabores extraños, lo que indica que el proceso fermentativo aplicado fue adecuado y que los granos evaluados cumplen con los criterios de calidad establecidos por la Norma Técnica Peruana NTP-ISO 2451:2018.

4.4.5. Perfil sensorial

La evaluación sensorial de los granos de cacao evidenció diferencias claras entre los dos genotipos analizados. El tratamiento T_2 CCN-51 se caracterizó por presentar una mayor intensidad en atributos como el amargor, mientras que el tratamiento T_1 Aromático mostró un perfil más equilibrado. En cuanto a color, aroma y sabor, el cacao aromático registró mejores valoraciones por parte de los panelistas, destacando por su mayor aceptación sensorial. A pesar de que el CCN-51 presentó características más intensas, especialmente en amargor, el cacao aromático resalta por su mejor armonía y balance sensorial, aspectos clave en la calidad y aceptación del producto final. Estos resultados indican que el genotipo Aromático posee un perfil más fino y agradable, mientras que el CCN-51 presenta atributos más fuertes que pueden ser aprovechados según el uso industrial previsto.

Figura 2

Perfil sensorial de granos seco de cacao CCN-51 y Aromático



Leyenda: T_1 (Genotipo CCN-51) y T_2 (Genotipo Aromático).

El perfil sensorial evidenció diferencias en la intensidad de los atributos entre las variedades estudiadas. El cacao CCN-51 presentó mayor intensidad en amargor, reflejando un carácter sensorial más fuerte. Por su parte, el cacao Aromático destacó por mejores valoraciones en color, aroma y sabor, mostrando un perfil más equilibrado y agradable para los panelistas. En ambos casos, los perfiles sensoriales fueron característicos de cacao fermentado, sin presencia de defectos sensoriales, cumpliendo con los criterios de calidad establecidos por la Norma Técnica Peruana NTP-ISO 2451:2018.

CAPÍTULO V

DISCUSIÓN

5.1. Características fisicoquímicas del grano fresco

5.1.1. Efecto de los factores de estudio sobre el pH

Los valores de pH reportados evidencian variaciones asociadas tanto al material genético como a las condiciones de evaluación del grano. En este contexto, Lagos et al., (2024), señalaron que los granos de cacao fermentados con bacterias lácticas alcanzaron valores de pH de 5.31 en el clon CCN-51 y 5.52 en la variedad Criolla. De manera concordante, García y Martínez (2025), registraron un pH de 5.28 en granos frescos de cacao correspondientes al clon CCN-51, mientras que Cuzcano (2020), reportó un valor de 6.30 para granos del clon ICS-95. En relación con estos antecedentes, los resultados obtenidos en la presente investigación muestran valores de pH de 5.17 para granos de cacao CCN-51 y 5.65 para granos de cacao Aromático. Estas diferencias pueden atribuirse principalmente a las características intrínsecas de cada genotipo y al estado fisiológico del grano, considerando que el pH constituye un indicador sensible a la composición de ácidos orgánicos y al metabolismo del cacao en las etapas previas y posteriores a la fermentación.

5.1.2. Efecto de los factores de estudio sobre la acidez titulable

Según Cuzcano (2020), reportó una acidez titulable de 0.042%, expresada como ácido acético, para el clon ICS-95, mientras que Cortez et al., (2023), reportaron valores de 0.01 ± 0.00 en granos de cacao de variedad Criollo

y de 0.11 ± 0.01 en granos correspondientes al clon CCN-51. Asimismo, Andrade et al., (2019), registraron una acidez titulable de 1.41% en granos de cacao CCN-51 recolectados en Perú, lo que pone de manifiesto la influencia del origen y de las condiciones de manejo postcosecha. Los valores de acidez titulable obtenidos en la presente investigación evidencian variaciones que pueden explicarse por la interacción entre el genotipo y el estado fisiológico del grano al momento de la evaluación. En este contexto, los valores de acidez titulable determinados en el presente estudio 0.018 para el clon CCN-51 y 0.063 para la variedad Aromática, se encuentran dentro de los rangos reportados por la literatura y guardan coherencia con los valores de pH obtenidos. Esta relación inversa entre pH y acidez titulable es consistente con el comportamiento esperado en granos de cacao, donde una mayor concentración de ácidos orgánicos se refleja en valores de pH más bajos. Por lo tanto, las diferencias observadas pueden atribuirse principalmente a las características propias de cada genotipo y a los distintos tiempos de cosecha, considerando que ambos materiales fueron sometidos a condiciones similares de manejo.

5.1.3. Efecto de los factores de estudio sobre los sólidos solubles

Los sólidos solubles determinados en granos frescos de cacao presentan variaciones que dependen tanto del genotipo como del procedimiento analítico utilizado. Loo (2019), reportó valores cercanos a 0,65 para el clon CCN 51 cuando el análisis se realizó en un medio acuoso, lo cual concuerda con los resultados obtenidos en la presente investigación, donde se registraron valores medios de 0,64 para CCN 51 y 0,68 para el cacao Aromático. En contraste, Polonia et al., (2023), reportaron valores más elevados para el mismo clon, lo

que podría atribuirse a diferencias metodológicas, particularmente a la posible inclusión de mucílago o a variaciones en la relación sólido líquido durante la medición. Según los resultados del presente estudio refuerzan la evidencia de que el grano fresco de cacao, evaluado de manera aislada, presenta bajos contenidos de sólidos solubles, lo cual responde a su composición química intrínseca y no a una limitación del análisis. El grano de cacao está constituido principalmente por lípidos, proteínas y compuestos fenólicos, mientras que los azúcares solubles representan solo entre el 2 y 4% de su peso seco, lo que justifica los bajos valores de sólidos solubles observados en el grano fresco (Apolo y Arcentales, 2021).

5.2. Características fisicoquímicas del grano seco fermentado

5.2.1. Efecto de los factores de estudio sobre el pH

Diferentes investigaciones han demostrado que el pH del cacao varía según la variedad y las circunstancias de evaluación. En este sentido, Lagos et al., (2024), reportaron que el cacao seco del clon CCN-51 tuvo un pH de 5.3, en tanto que el cacao Criollo presento cifras un poco más altas 5.8. Chávez et al., (2023), indicaron, de manera parecida, que el pH del cacao CCN-51 fue 5.22 en condiciones controladas. Por otro lado, Vera et al., (2017), reportaron un pH de 5.35 en los granos del clon CCN-51, mientras que el pH más alto fue 6.69 y se observó en los granos de cacao Criollo. De acuerdo con estos antecedentes, los resultados de este estudio presentan valores de pH asociados a dos variedades genéticas de cacao, CCN-51 y Aromático, que fueron analizadas en tres períodos diferentes de cosecha. Donde se obtuvo mejores valores fue en la primera cosecha, en las cuales se reportaron pH de 5.81 para el clon CCN-51 y

5.91 para el genotipo Aromático, lo que demuestra que existen variaciones debidas tanto al estado fisiológico del grano en el tiempo de la recolección como a la composición genética. Estas diferencias se corroboran que tanto el tiempo de cosecha como el genotipo tienen un impacto en las propiedades del grano.

5.2.2. Efecto de los factores de estudio sobre la acidez titulable

La acidez del grano de cacao presenta variaciones atribuibles al genotipo y a las condiciones de procesamiento postcosecha. Chávez et al., (2023), reportaron una acidez de 0.32 para la variedad CCN 51, mientras que Polonia et al., (2023), reportaron valores más elevados, entre 0.56 y 0.59, para CCN 51 e ICS95; de igual forma, Aldas y Revilla (2020), registraron una acidez de 0.80 en granos de cacao Criollo. Así mismo, en la presente investigación se obtuvieron valores medios inferiores, de 0.06 para CCN 51 y 0.12 para el cacao Aromático, lo que sugiere una menor acumulación de ácidos orgánicos, posiblemente asociada al estado del grano evaluado y al control del proceso de fermentación y secado.

5.2.3. Efecto de los factores de estudio sobre el contenido de humedad.

Según Chávez et al., (2023), indicaron que los granos secos del clon CCN-51 tienen niveles de humedad próximos a 6.61%, en tanto que Palacios et al., (2021), indicaron una cifra alrededor de 7.50% para el mismo material genético. Gutierrez et al., (2022), señalaron también que la humedad en los granos secos de cacao CCN-51 es aproximadamente del 7.00%, y que, para el cacao Criollo, este indicador llega a ser cercano al 7.10%. Por otra parte, la Norma Técnica Peruana (2021), determina que el contenido de humedad en

granos de cacao no puede exceder el 8% para asegurar que se conserven y mantengan apropiadamente. De acuerdo con estos criterios, los resultados de la investigación actual muestran valores del 6.3% para el genotipo Aromático y del 7.0 % para el clon CCN-51, que se sitúan dentro de los márgenes sugeridos y corroboran que la condición de secado del grano analizado es adecuada. Los antecedentes han determinado niveles apropiados de humedad para los granos de cacao seco, que cambian un poco dependiendo del genotipo.

5.3. Características físicas del grano de cacao seco fermentado

5.3.1. Efecto de los factores de estudio sobre los granos bien fermentados

Los resultados obtenidos en la presente investigación muestran una mejora sustancial en el porcentaje de granos bien fermentados en comparación con estudios previos. Lagos et al., (2024), quienes trabajaron con una muestra de 300 granos, reportaron porcentajes de fermentación relativamente bajos tanto para cacao criollo (39%) como para el clon CCN 51 (13%), lo que sugiere limitaciones en el manejo del proceso fermentativo. Asimismo, Vargas y Guerrero, (2020), reportaron que el 66% de los granos de cacao CCN 51 alcanzaron una fermentación adecuada bajo condiciones de temperatura controlada en cajas de madera. En contraste, los resultados de este estudio, obtenidos a partir del análisis de 100 granos mediante la prueba de corte, evidencian porcentajes significativamente superiores, con valores promedio superiores al 96 % para la variedad Aromática y al 93% para el clon CCN 51. Esta diferencia podría atribuirse al control más riguroso de variables clave durante la fermentación, tales como el tiempo de proceso, la aireación y el manejo del mucílago, factores que influyen directamente en la actividad

microbiana y en la transformación bioquímica del grano. En consecuencia, los altos porcentajes observados reflejan un proceso fermentativo más eficiente y una mejora potencial en la calidad final del cacao obtenido.

5.3.2. Efecto de los factores de estudio sobre los granos semi fermentados

Los resultados relacionados con la presencia de granos semi fermentados, determinados mediante la prueba de corte, evidencian que el comportamiento fermentativo del cacao varía de manera significativa según el material genético y las condiciones del proceso. En estudios previos, realizado por Lagos et al., (2024), reportaron porcentajes elevados de granos semi fermentados, alcanzando aproximadamente el 29% en cacao Criollo y el 14% en el clon CCN 51, lo que pone de manifiesto deficiencias en la homogeneidad del proceso de fermentación. De forma concordante, Vargas y Guerrero (2020), registraron valores cercanos al 31% para este mismo parámetro en cacao CCN 51, confirmando la tendencia de este clon a presentar mayores dificultades para completar una fermentación uniforme cuando no se controlan adecuadamente las variables operativas. En contraste, Chapa (2022), obtuvo resultados considerablemente más favorables, al reportar porcentajes inferiores al 2% de granos defectuosos tanto en cacao fino de aroma como en CCN 51, lo que evidencia un manejo más eficiente del proceso fermentativo y una adecuada aplicación de la prueba de corte como herramienta de control de calidad. En comparación con estos antecedentes, la presente investigación mostró valores promedio de 4,44% para la variedad Aromática y 6,44% para el clon CCN 51. Si bien estos valores superan ligeramente los reportados por Chapa (2022), se mantienen por debajo de los porcentajes señalados por Lagos et al., (2024), y

Vargas y Guerrero (2020), lo que sugiere que el proceso aplicado fue técnicamente aceptable y coherente con los estándares de calidad establecidos.

5.3.3. Efecto de los factores de estudio sobre los granos sobrefermentados

Los trabajos presentados reportan bajos porcentajes de granos sobrefermentados cuando se aplican condiciones adecuadas de control durante el proceso fermentativo. En este sentido, Alfonso (2022), indicó que los granos de la variedad Criolla presentaron valores inferiores al 2% de sobre fermentación, lo que evidencia un manejo eficiente del proceso y una adecuada regulación del tiempo de fermentación. En contraste, los resultados obtenidos en la presente investigación muestran valores promedio ligeramente superiores para esta variable, observándose medias de 2,45 en los granos de cacao Aromáticos y de 3,45 en el clon CCN 51. Esta diferencia podría estar asociada a las características intrínsecas de cada material genético, así como a la respuesta diferencial de los granos frente a las condiciones de fermentación aplicadas. En particular, el clon CCN 51 tiende a presentar una mayor susceptibilidad a la sobre fermentación cuando no se optimizan variables como el tiempo y la aireación del proceso, lo que explicaría los valores relativamente más altos observados.

5.3.4. Efecto de los factores de estudio sobre los granos violetas

Según lo reportado por Alfonso (2022), reportó cerca del 6 % de granos violetas en cacao Criollo, asociado a fermentaciones incompletas. En contraste, la presente investigación registró únicamente un 1% de granos violetas en la variedad CCN-51, valor que se encuentra dentro de los rangos aceptables

establecidos por la Norma Técnica Peruana NTP-ISO 2451:2018 para la evaluación física del cacao seco mediante la prueba de corte. Esta baja incidencia indica una fermentación adecuada, ya que la degradación de antocianinas durante el proceso favorece la formación de tonalidades marrón oscuro, características de granos bien fermentados, evidenciando el cumplimiento de los criterios de calidad establecidos por la normativa vigente.

5.3.5. Efecto de los factores de estudio sobre los granos pizarrosos

Los granos pizarrosos son considerados un defecto físico relevante, ya que reflejan una fermentación insuficiente o una limitada penetración de los metabolitos generados durante el proceso. Alfonso (2022), reportó aproximadamente un 1% de granos pizarrosos en cacao variedad Criolla, valor que, si bien es bajo, evidencia la presencia de cierta heterogeneidad en la fermentación. En contraste, los resultados de la presente investigación mostraron una proporción inferior al 1% de este tipo de grano, lo que sugiere una mayor uniformidad y eficiencia del proceso fermentativo aplicado. Desde el punto de vista normativo, la Norma Técnica Peruana NTP-ISO 2451:2018 establece que una baja incidencia de granos pizarrosos constituye un indicador favorable de calidad en la evaluación física del cacao seco mediante la prueba de corte.

5.3.6. Efecto de los factores de estudio sobre los granos moho

La presencia de granos con moho constituye uno de los defectos físicos más críticos en la evaluación de la calidad del cacao seco, debido a su impacto negativo sobre la inocuidad y las características sensoriales del producto. En la

presente investigación, los resultados obtenidos evidenciaron valores promedio bajos para este defecto, registrándose 0.44% en los granos de cacao de la variedad Aromática y 0.77% en la variedad CCN-51. Estas proporciones reducidas sugieren que las condiciones de fermentación y secado fueron adecuadas, limitando el desarrollo de microorganismos fúngicos asociados a deficiencias en el manejo postcosecha. Desde el punto de vista normativo, la Norma Técnica Peruana NTP-ISO 2451:2018 establece que la baja incidencia de granos con moho es un criterio esencial para la aceptación del cacao seco en función de su calidad física. En este contexto, los valores registrados en ambas variedades se encuentran dentro de los rangos permisibles, lo que confirma que el cacao evaluado cumple con los requisitos de calidad exigidos por la normativa vigente, evidenciando un manejo postcosecha eficiente y controlado.

CAPÍTULO VI

CONCLUSIONES

A partir del análisis e interpretación de los resultados obtenidos en la evaluación de las características fisicoquímicas, físicas y sensoriales de los granos de cacao (Theobroma cacao L.) de los genotipos CCN-51 y Aromático, en diferentes momentos de cosecha, se formularon las siguientes conclusiones, en concordancia con los objetivos planteados en la investigación.

- **Primera.** La evaluación de la calidad de los granos de cacao (*Theobroma cacao* L.) de los genotipos CCN-51 y Aromático, en tres momentos de cosecha en el distrito de Neshuya, permitió identificar diferencias en sus características fisicoquímicas, físicas y sensoriales. El genotipo Aromático destacó por presentar un mayor porcentaje de granos bien fermentados (96,56%) en comparación con el CCN-51 (93,01%), así como mejores valoraciones sensoriales en color, aroma y sabor. Los efectos de los momentos de cosecha variaron según el parámetro evaluado, por lo que no se identificó una superioridad general y uniforme de una cosecha sobre las demás.

- **Segunda.** La determinación de los parámetros fisicoquímicos de los granos frescos de cacao evidenció diferencias estadísticamente significativas ($p \leq 0,05$) entre los genotipos CCN-51 y Aromático para el pH, la acidez titulable y los sólidos solubles. El genotipo Aromático presentó valores promedio de pH de 5,65, acidez titulable de 0,063 y sólidos solubles de 0,68 °Brix, mientras que el CCN-51 registró valores de 5,17, 0,018 y 0,64 °Brix, respectivamente. En cambio, los momentos de cosecha y su interacción con el genotipo no presentaron efectos estadísticamente significativos sobre estos parámetros.

- **Tercera.** La evaluación fisicoquímica de los granos de cacao fermentados y secos permitió identificar diferencias entre los genotipos y determinados momentos de cosecha. El genotipo Aromático presentó un pH promedio de 5,91, una acidez titulable de 0,123 y un contenido de humedad de 6,3%, mientras que el CCN-51 registró valores de 5,58, 0,061 y 7,0%, respectivamente. Asimismo, el contenido de humedad presentó diferencias significativas entre los momentos de cosecha, registrándose valores de 6,85%, 6,65% y 6,45% para la primera, segunda y tercera cosecha, respectivamente. Estos resultados evidenciaron que las características fisicoquímicas del grano seco variaron según el genotipo y, para determinados parámetros, según el momento de cosecha.

- **Cuarta.** La evaluación sensorial de los granos de cacao fermentados y secos, realizada mediante la prueba de Friedman con 15 panelistas no entrenados, evidenció diferencias estadísticamente significativas ($p \leq 0,05$) entre los genotipos CCN-51 y Aromático en los atributos de color, aroma, sabor y amargor. El genotipo Aromático presentó mayores rangos promedio para color (1,80), aroma (1,93) y sabor (1,87), mientras que el CCN-51 obtuvo rangos inferiores de 1,20, 1,07 y 1,13, respectivamente. En cuanto al amargor, el CCN-51 registró un rango promedio de 1,90, superior al Aromático (1,10), evidenciando una mayor intensidad de este atributo. Por tanto, el genotipo Aromático presentó un perfil sensorial más favorable en los atributos evaluados; sin embargo, los resultados sensoriales consignados no permitieron establecer diferencias específicas entre los tres momentos de cosecha.

CAPÍTULO VII

RECOMENDACIONES

Con base en las conclusiones derivadas de la presente investigación, se formularon las siguientes recomendaciones, orientadas al mejoramiento de la calidad de los granos de cacao, al fortalecimiento de las prácticas de manejo poscosecha y al desarrollo de futuras investigaciones que contribuyan al aprovechamiento agroindustrial del cacao en el distrito de Neshuya.

- **Primera.** Se recomienda a los productores de cacao del distrito de Neshuya considerar las características fisicoquímicas, físicas y sensoriales de los genotipos CCN-51 y Aromático al seleccionar la materia prima destinada al procesamiento agroindustrial. Se sugiere priorizar el genotipo Aromático cuando se busquen atributos sensoriales favorables de color, aroma y sabor, debido a los resultados obtenidos en la presente investigación, sin descartar el aprovechamiento del genotipo CCN-51 para la elaboración de productos que requieran perfiles sensoriales diferenciados.

- **Segunda.** Se recomienda realizar evaluaciones periódicas del pH, la acidez titulable y los sólidos solubles de los granos frescos de cacao, considerando las diferencias encontradas entre los genotipos estudiados. Asimismo, se sugiere ampliar las investigaciones sobre los momentos de cosecha, incorporando diferentes campañas productivas y condiciones ambientales, con la finalidad de determinar si las variaciones observadas se mantienen a lo largo del tiempo y establecer criterios más precisos para la selección de la materia prima.

- **Tercera.** Se recomienda fortalecer el control de calidad durante las operaciones de fermentación y secado de los granos de cacao, mediante el seguimiento del pH, la acidez titulable y el contenido de humedad, con la finalidad de obtener un producto con características fisicoquímicas adecuadas para su conservación y procesamiento. Asimismo, se sugiere aplicar sistemáticamente la prueba de corte para identificar el porcentaje de granos bien fermentados y la presencia de defectos físicos, tomando como referencia los requisitos establecidos en la normativa técnica aplicable.

- **Cuarta.** Se recomienda desarrollar investigaciones complementarias sobre la calidad sensorial de los genotipos CCN-51 y Aromático, considerando de manera diferenciada los tres momentos de cosecha y utilizando paneles sensoriales con procedimientos estandarizados. Asimismo, se sugiere ampliar la evaluación hacia productos derivados, como el licor de cacao y el chocolate, para determinar la influencia del genotipo y del momento de cosecha sobre las características sensoriales del producto final y su potencial aprovechamiento agroindustrial.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alarcón Pinedo, D. M., & Oblitas Medina, E. (2019). Evaluación de la calidad organoléptica del licor de cacao CCN-51 (*Theobroma cacao* L.) mejorado enzimáticamente en el proceso de fermentación [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Jaén].

Aldas, J., & Revilla, K. (2020). Estudio del proceso fermentativo del cacao nacional (*Theobroma cacao* L.) considerando distintos tipos y su incidencia en las características físico-químicas y sensoriales [Tesis de pregrado, Universidad Técnica Estatal de Quevedo].

Alfonso, I. (2022). Análisis de la calidad física y organoléptica de tres clones de cacao finos aromáticos (*Theobroma cacao* L.) en Mazamari-Satipo [Tesis de pregrado, Universidad Nacional del Centro del Perú].

Amador, C., Alvarado, A., Farah, S., & Martillo, J. (2022). Morphological characterization of the national cocoa “Theobroma cacao L.” of Naranjal, Ecuador. Revista Tecnológica ESPOL, 34(4), 80–97.

Andrade, J., Rivera, J., Chire, G., & Ureña, M. (2019). Physical and chemical properties of cacao cultivars (*Theobroma cacao* L.) from Ecuador and Peru. Enfoque UTE, 10(4), 1–12.

Apolo, D., & Arcentales, J. (2021). Más allá del chocolate: Revisión breve sobre usos novedosos y actuales del cacao y sus residuos [Trabajo de titulación, Universidad San Francisco de Quito].

Armando, C. (2016). Estudio del cacao en el Perú y en el mundo: Un análisis de la producción y el comercio. Ministerio de Agricultura y Riego.

Beckett, S. (2009). Fabricación y uso de chocolate industrial.

Bennett, A. (2004). Out of the Amazon: Theobroma cacao enters the genomic era. Trends in Plant Science, 8(12), 561–563.

Bocanegra Huamán, V. (2023). Tratamiento osmótico con diferentes concentraciones de zumo de caña de azúcar (Saccharum officinarum L.) en cacao (Theobroma cacao L.) baba CCN-51, previo a la fermentación y su efecto en la calidad del grano seco [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Ucayali].

Catillo, L., Johnson, J., & Bonilla, J. (2008). Manual de manejo y producción del cacaotero.

Chapa, S. (2022). Caracterización física y química de almendras secas del cacao fino de aroma (Theobroma cacao L.) provenientes de la región Amazonas [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas].

Chávez, A., Encina, C., Muñoz, V., Guerra, A., & Vidaurre, P. (2023). Fermentation and drying conditions in the physical-chemical characteristics of cocoa (Theobroma cacao L.) cultivar CCN-51. Revista Agrotecnológica Amazónica, 3(2).

Cortez, D., Quispe, L., Mestanza, M., Oliva, M., Yoplac, I., Torres, C., & Chávez, S. (2023). Changes in bioactive compounds during fermentation of cocoa (Theobroma cacao) harvested in Amazonas-Peru. Current Research in Food Science, 6.

Cuzcano, I. (2020). Antocianinas, flavonoides, polifenoles totales y actividad antioxidante en granos de cacao (Theobroma cacao L.) frescos, fermentados, secos y tostados (nibs), clones ICS95 e ICS1 [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Intercultural de la Amazonía].

De la Cruz, J., Vargas, A., & Del Ángel, A. (2010). Cacao: Operaciones poscosecha. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.

Del Águila Tello, W. L. (2022). Efecto del zumo de maracuyá (Passiflora edulis) como agregado en las características organolépticas durante el proceso de fermentación del cacao CCN51 (Theobroma cacao L.) [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Ucayali].

Dostert, N., Roque, J., Cano, A., La Torre, M., & Weigend, M. (2011). Hoja botánica: Cacao (Theobroma cacao L.). Proyecto Perú Biodiverso.

Enríquez, G. (2004). Cacao orgánico: Guía para productores ecuatorianos. Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias.

García, L. (2010). Catálogo de cultivares de cacao del Perú. Ministerio de Agricultura.

García, M., & Martínez, M. (2025). Evaluación de la calidad microbiológica y fisicoquímica de granos de cacao fresco (Theobroma cacao L.) producidos en la región del Alto Sinú-Córdoba-Colombia [Tesis de pregrado, Universidad de Córdoba].

González, A. F. R., García, G. A. G., Polanía-Hincapié, P. A., López, L. J., & Suárez, J. C. (2024). Fermentation and its effect on the physicochemical and sensory attributes of cocoa beans in the Colombian Amazon. PLOS ONE, 19(10), e0306680.

Gutiérrez, M. (2009). Guía de gestión de calidad en centro de acopio, secado y fermentación de cacao. Ministerio de Agricultura.

Gutiérrez-Paredes, R., Gonzales-Fuentes, G., & Chávez-Pinchi, M. (2022). Evaluación de la aplicación de tecnologías de fermentación y secado de cacao (Theobroma cacao L.) tipo CCN-51 y Criollo. Revista Amazónica de Ciencias Básicas y Aplicadas, 1(1), e156.

Lagos, T., Vásquez, E., Rojas, G., Huamani, I., & Sosa, J. (2024). Fermentación de cacao criollo y CCN-51: Bacteria Lactobacillus fermentum y levadura Saccharomyces cerevisiae. Revista Universidad y Sociedad, 16(4), 52–63.

Lira Huamán, D. (2019). Efecto de la fermentación mixta sobre la calidad sensorial del cacao Chuncho y CCN-51 cultivado en el distrito de Echarate, provincia de La Convención, Cusco [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco].

Loo, J. (2019). Variación de la conductividad eléctrica del medio acuoso por inmersión de granos de cacao CCN-51 con diferentes índices de fermentación [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria La Molina].

Lozano, D. (2009). El cacao (*Theobroma cacao* L.), el alimento de los dioses.

Ministerio de Agricultura y Riego. (2018). Análisis de la cadena productiva del cacao, con enfoque en los pequeños productores de limitado acceso al mercado.

Nazario, O., Ordoñez, E., Mandujano, Y., & Arévalo, J. (2013). Polifenoles totales, antocianinas, capacidad antioxidante de granos secos y análisis sensorial del licor de cacao (Theobroma cacao L.) Criollo y siete clones. Investigación y Amazonía, 3(1), 51–59.

Norma Técnica Peruana. (2021). Guía de implementación de la Norma Técnica Peruana NTP-ISO 2451: Granos de cacao. Especificaciones y requisitos de calidad. Instituto Nacional de Calidad.

Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial. (2021). Determinación de las características específicas de la cadena de valor del cacao y sus necesidades en la infraestructura de calidad en el departamento de San Martín.

Palacios, A., Quevedo, J., & Rodríguez, I. (2021). Fetenseca: An alternative to improve the sensory quality of cocoa (Theobroma cacao L.) cultivar CCN-51. Manglar, 18(4), 411–417.

Panduro Cardozo, J. A. (2017). Efecto de la fermentación de cacao (Theobroma cacao L.) de la colección CCN-51, utilizando cajas de poliestireno y cajas de madera en el distrito de Irazola, región Ucayali [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Ucayali].

Paredes, M. (2003). Manual de cultivo del cacao. Ministerio de Agricultura, Programa para el Desarrollo de la Amazonía.

Paredes, S. (2008). Fortalecimiento de la cadena productiva de cacao en las provincias de San Ignacio, Jaén y Celendín.

Polonia, P., Suárez, J., Hernández, H., Ramón, V., Cuéllar, L., & Casanoves, F. (2023). Influence of fermentation time on the chemical and functional composition of different cocoa clones from southern Colombia. Fermentation, 9, 1–19.

Santa Cruz, E. (2019). El oreado en la fermentación y su efecto en el contenido de ácido acético y calidad del grano de cacao (Theobroma cacao L.) CCN-51 seco [Tesis de maestría, Universidad Nacional Agraria de la Selva].

Sosa, E. (2021). Variación morfológica de frutos y semillas de cacao (Theobroma cacao L.) de plantaciones de Huimanguillo y Cunduacán, Tabasco [Tesis de pregrado, Instituto Tecnológico de Huimanguillo].

Stevenson, C., Corven, J., & Villanueva, G. (1993). Manual para análisis de cacao en el laboratorio. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura.

Trognitz, B., Cros, E., Assemat, S., Davrieux, F., Forestier-Chiron, N., Ayestas, E., Kuant, A., Scheldeman, X., & Hermann, M. (2013). Diversity of cacao trees in

Waslala, Nicaragua: Associations between genotype spectra, product quality and yield potential. PLOS ONE, 8(1), e54079.

Udzu, R. A. F., Mills-Robertson, F. C., Lowor, S. T., Mbage, B., Tetteh, D. A., Twumasi, P., Ofori, E. G., & Acquaye, D. O. (2026). The impact of fermentation duration and harvesting season on the proximate and physicochemical parameters of cocoa (Theobroma cacao L.) beans from Ghana. Journal of Food Quality, 2026, Article 7543465.

Vargas, Y., & Guerrero, I. (2020). Evaluación de la calidad del grano de cacao fermentado en un prototipo de condiciones controladas frente a procesos tradicionales de fermentación [Tesis de pregrado, Universidad de los Llanos].

Vera, J., Arrieta, A., Quintana, F., & García, A. (2017). Evaluation of physicochemical properties as quality parameters in the fermentation of clones of cocoa CCN51, TSC01. Alimentech Ciencia y Tecnología Alimentaria, 15(2), 76–86.

Zambrano, A., Gómez, A., Ramos, G., Romero, C., Lacrez, C., & Rivas, E. (2010). Caracterización de parámetros físicos de calidad en almendras de cacao criollo, trinitario y forastero durante el proceso de secado. Agronomía Tropical, 60(4), 389–396.

ANEXOS

ANEXO 1

METODOLOGÍA DE ANÁLISIS FÍSICOS Y QUÍMICOS

Método para la Determinación de solidos totales.

Fundamento:

Los grados Brix son una unidad de cantidad (símbolo °Bx) y sirven para determinar el cociente total de materia seca (generalmente azúcares) disuelta en un líquido. Una solución de 25 °Bx contiene 25 g de sólido disuelto por 100 g de líquido. Los grados Brix se cuantifican con un refractómetro. Los grados Brix se miden a través del índice de refracción, este mide la refracción de la luz de una solución y se emplea para determinar la calidad.

Equipos y materiales:

- Vaso de precipitado de 15 cc
- Refractómetro

Procedimiento:

- Colocar en un vaso de precipitado 15 cc de la muestra acondicionada.
- Con la ayuda de un gotero dejar caer la muestra sobre el prisma del refractómetro y anotar el dato obtenido.

Método para la Determinación de humedad

Fundamento:

El método consiste en evaporar, mediante secado, el agua contenida en la muestra, bajo condiciones normalizadas.
El objetivo es determinar el contenido de agua disponible, presente en la materia prima por el método del secado de la estufa.

Equipos y materiales:

- Balanza analítica, con 0,1 mg de precisión.
- Desecador con Silicagel.
- Estufa con termorregulador.
- Placas Petri (10 cm de diámetro x 1,5cm de altura).

Procedimiento:

- Pesar la muestra en una placa Petri limpia y seca, previamente tarada (10g de muestra).
- Colocar en la estufa por 2,5 horas a 105°C ± 2°C.
- Enfriar en el desecador por 30 minutos y pesar.

Cálculos:

$$\%\text{HUMEDAD} = \frac{(\text{P1} - \text{P2})}{\text{m}} * 100$$

Dónde:

- P1 = Masa del recipiente más la muestra húmeda, en g.
- P2 = Masa del recipiente más la muestra seca, en g.
- m = Masa de muestra, en g

Método para la Determinación de la acidez titulable.

Fundamento:

La acidez de una sustancia se determina por métodos volumétricos. Esta medición se realiza mediante una titulación, la cual implica siempre tres agentes o medios: el titulante, el titulado (o analito) y el indicador. Cuando un ácido y una base reaccionan, se produce una reacción; reacción que se puede observar con un indicador. Un ejemplo de indicador, y el más común, es la fenolftaleína (C20 H14 O4), que vira (cambia) de color a rosa cuando se encuentra presente una reacción ácido-base. El agente titulante es una base, y el agente titulado es el ácido o la sustancia que contiene el ácido.

Equipos y materiales:

- Soporte universal.
- Bureta.
- Pipetas de 1 ml.
- Probeta.
- Vaso precipitado de 100 ml.
- Matraces de 50 y 100 ml.
- Embudo bunsen.
- Papel filtro.
- Mortero y pilón.

Reactivos:

- Hidróxido de sodio (NaOH)
- Fenolftaleína (C20 H14 O4).

Procedimiento:

- Diluir la muestra en una proporción 1:1 (1 de muestra y 1 de agua destilada).
- Triturar la muestra y luego decantarlo. Se toma 10 ml de muestra.
- Se enrasa a 50ml. con agua destilada.
- Se titula con una solución de NaOH 0.1 N y utilizando fenolftaleína como indicador, hasta que vire a rosa tenue.

Cálculo:

$$\%\text{ACIDEZ} = \frac{\text{V NaOH} * \text{N NaOH} * \text{meq acido "X"} * 100}{\text{V}}$$

Dónde:

- V NaOH= volumen de NaOH usado para la titulación.
- N NaOH= normalidad del NaOH.
- Meq acido N “X”= Miliequivalente de acido
- V= volumen de la muestra.

Método para la Determinación de pH.

Fundamento:

El pH del producto se determina con un potenciómetro que posee un rango de medición de 0 a 14 pH. Este aparato será provisto de un sistema de electrolitos, que antes de conectar el envase se encuentra sumergido los electrolitos en una solución buffer (agua destilada) con la finalidad de poner en 0 el rango, en seguida para su respectiva medición.

Equipos y materiales:

- Pipetas de 10 cc
- Probeta de 100 cc y 50 cc
- Vaso de precipitado de 100 cc
- Matraces de 100 cc y 50 cc
- Embudo de bunsen
- Papel filtro
- Mortero y pilón

Procedimiento:

- Calibrar el equipo con buffers de pH 40 y 70.
- Colocar en un vaso de precipitado 25 cc de la muestra acondicionada.
- Introducir el electrodo del potenciómetro en la muestra y anotar el pH obtenido.

ANEXO 2

PRUEBA DE CORTE

Para realizar la prueba de corte se necesita un cuchillo o navaja, lo cual se realiza un corte longitudinal por la parte central de cada uno de los 100 granos, a fin de exponer la máxima superficie de corte de los cotiledones. Examinar visualmente las dos mitades de cada grano a la luz diurna o bajo una iluminación artificial (lámpara fluorescente). Contar separadamente los granos defectuosos, es decir aquellos mohosos, pizarrosos, partido, violeta, vanos, múltiple, germinados, dañados por insectos según lo definido a continuación:

CLASIFICACIÓN	CARACTERÍSTICA
Fermentado	Coloración marrón o marrón oscuro Apariencia hinchada, no compacto. Estrías profundas, grietas o cavidades. Testa o cascarilla suelta.
Ligeramente violeta	Coloración marrón violeta indicativo de fermentación parcial.
Violeta	No fermentado. Totalmente violeta. No hinchados, compactos. Fuerte sabor amargo y sensación de astringencia. Ausencia de aroma.
Sobrefermentados	Coloración marrón oscuro. Sabor indeseable. Defecto serio.
Mohoso	Moho visible a simple vista (diversos colores). Sabor indeseable. Causa: geminación, daño mecánico o por insectos. Almacenado con alta humedad y secado deficiente.
Pizarroso	Ningún efecto de fermentación. Color pizarra (gris). Compacto, sin agrietamiento. Defecto serio.
Daño por insectos y roedores	Perforaciones o picados por insectos o roedores.

Para calcular el porcentaje de granos en cada categoría se divide el número de granos en esa categoría entre el total de granos cortados y se multiplica por cien.

ANEXO 3

PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS DEL GRANO DE CACAO FRESCO

Tabla 24A

Valores de pH para granos frescos

Factor A (Genotipos)	Factor B (Cosecha)	R1	R2	R3
CCN 51	C1	5.50	5.70	5.60
	C2	5.60	5.50	5.70
	C3	5.60	5.50	5.60
AROMATICO	C1	5.90	5.80	6.00
	C2	5.90	5.90	6.00
	C3	5.80	6.00	5.90

Tabla 25A

Valores de acidez titulable para granos frescos

Factor A (Genotipos)	Factor B (Cosecha)	R1	R2	R3
CCN 51	C1	0.02	0.01	0.02
	C2	0.02	0.02	0.02
	C3	0.02	0.02	0.02
AROMATICO	C1	0.04	0.05	0.12
	C2	0.04	0.05	0.07
	C3	0.04	0.05	0.11

Tabla 26A

Valores de solidos solubles para granos frescos

Factor A (Genotipos)	Factor B (Cosecha)	R1	R2	R3
CCN 51	C1	0.68	0.67	0.69
	C2	0.65	0.61	0.60
	C3	0.64	0.67	0.62
AROMATICO	C1	0.70	0.60	0.70
	C2	0.68	0.70	0.73
	C3	0.73	0.64	0.68

ANEXO 4
PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS DEL GRANO DE CACAO SECO FERMENTADO

Tabla 27A

Valores de pH para granos seco fermentado

Factor A (Genotipos)	Factor B (Cosecha)	R1	R2	R3
CCN 51	C1	5.40	5.40	5.60
	C2	5.30	5.60	5.20
	C3	5.20	5.50	5.10
AROMATICO	C1	5.30	5.30	5.40
	C2	5.40	5.20	5.70
	C3	5.10	5.20	5.90

Tabla 28A

Valores de acidez titulable para granos seco fermentado

Factor A (Genotipos)	Factor B (Cosecha)	R1	R2	R3
CCN 51	C1	0.06	0.07	0.06
	C2	0.06	0.06	0.06
	C3	0.06	0.06	0.06
AROMATICO	C1	0.13	0.13	0.13
	C2	0.12	0.12	0.12
	C3	0.12	0.12	0.12

Tabla 29A

Valores de humedad para granos seco fermentado

Factor A (Genotipos)	Factor B (Cosecha)	R1	R2	R3
CCN 51	C1	7.2	7.1	7.3
	C2	7.1	6.9	7.1
	C3	6.8	6.9	6.7
AROMATICO	C1	6.5	6.6	6.4
	C2	6.3	6.2	6.4
	C3	6.1	6.2	6.2

ANEXO 5

PARÁMETROS FÍSICOS DE PRUEBA DE CORTE DE GRANO DE CACAO SECO FERMENTADO

Tabla 30A

Valores físicos de granos de cacao bien fermentados

Factor A (Genotipos)	Factor B (Cosecha)	R1	R2	R3
CCN 51	92	93	90	92
	91	88	90	91
	88	90	89	88
AROMATICO	96	92	94	96
	95	93	92	95
	94	95	96	94

Tabla 31A

Valores físicos de granos de cacao semi fermentados

Factor A (Genotipos)	Factor B (Cosecha)	R1	R2	R3
CCN 51	C1	4	4	6
	C2	5	7	5
	C3	4	5	4
AROMÁTICO	C1	2	4	3
	C2	1	3	3
	C3	3	2	2

Tabla 32A

Valores físicos de granos de cacao sobrefermentados

Factor A (Genotipos)	Factor B (Cosecha)	R1	R2	R3
CCN 51	C1	2	3	2
	C2	2	3	2
	C3	4	2	4
AROMÁTICO	C1	1	3	2
	C2	2	2	3
	C3	1	3	1

Tabla 33A

Valores físicos de granos de cacao violetas

Factor A (Genotipos)	Factor B (Cosecha)	R1	R2	R3
CCN 51	C1	1	0	1
	C2	0	2	2
	C3	1	2	2
AROMÁTICO	C1	0	1	0
	C2	1	2	1
	C3	0	0	1

Tabla 34A

Valores físicos de granos de cacao pizarrosos

Factor A (Genotipos)	Factor B (Cosecha)	R1	R2	R3
CCN 51	C1	1	0	0
	C2	1	0	0
	C3	2	0	0
AROMATICO	C1	1	0	0
	C2	1	0	0
	C3	1	0	0

Tabla 35A

Valores físicos de granos de cacao con moho

Factor A (Genotipos)	Factor B (Cosecha)	R1	R2	R3
CCN 51	C1	0	0	1
	C2	1	0	1
	C3	1	1	1
AROMÁTICO	C1	0	0	1
	C2	0	0	1
	C3	1	0	0

ANEXO 6

ANÁLISIS DE VARIANZA DE LOS GRANOS DE CACAO FRESCO

Tabla 36A

Análisis de varianza para pH de granos de cacao fresco

Fuente	S.c	g.L	C.M	Fc	Pv
Efectos principales					
A: Genotipos	1.0609	1	1.0609	161.98	0.0000
B: Tiempo de cosecha	0.0053	2	0.0027	0.41	0.6739
Interacción de factores					
AB	0.0015	2	0.0008	0.11	0.8943
Error	0.0786	12	0.0066		
Total	1.1464	17			

Datos extraídos de programa estadístico Statgraphics centurión v.18

Tabla 37A

Análisis de varianza para acidez titulable de granos de cacao fresco

Fuente	S.c	g.L	C.M	Fc	Pv
Efectos principales					
A: Genotipos	0.00889	1	0.00889	14.81	0.0023
B: Tiempo de cosecha	0.00018	2	0.000089	0.15	0.8639
Interacción de factores					
AB	0.00031	2	0.000156	0.26	0.7758
Error	0.0072	12	0.0006		
Total	0.01657	17			

Datos extraídos de programa estadístico Statgraphics centurión v.18

Tabla 38A

Análisis de varianza para solidos solubles de granos de cacao fresco

Fuente	S.c	g.L	C.M	Fc	Pv
Efectos principales					
A: Genotipos	0.0065	1	0.00605	4.88	0.0473
B: Tiempo de cosecha	0.00078	2	0.000239	0.19	0.8271
Interacción de factores					
AB	0.00733	2	0.00357	2.84	0.0979
Error	0.01487	12	0.001889		
Total	0.02848	17			

Datos extraídos de programa estadístico Statgraphics centurión v.18

ANEXO 7

ANÁLISIS DE VARIANZA DE LOS GRANOS DE CACAO SECO FERMENTADO

Tabla 39A

Análisis de varianza para pH de granos de cacao seco fermentado

Fuente	S.c	g.L	C.M	Fc	Pv
Efectos principales					
A: Genotipos	0.46722	1	0.46722	60.07	0.0000
B: Tiempo de cosecha	0.00333	2	0.00167	0.21	0.8101
Interacción de factores					
AB	0.00111	2	0.00056	0.07	0.9315
Error	0.09333	12	0.00778		
Total	0.565	17			

Datos extraídos de programa estadístico Statgraphics centurión v.18

Tabla 40A

Análisis de varianza para acidez titulable de granos de cacao seco fermentado

Fuente	S.c	g.L	C.M	Fc	Pv
Efectos principales					
A: Genotipos	0.01742	1	0.017422	336.00	0.0000
B: Tiempo de cosecha	0.000178	2	0.000089	16.00	0.0004
Interacción de factores					
AB	0.000044	2	0.000022	4.00	0.0467
Error	0.000067	12	0.000056		
Total	0.01771	17			

Datos extraídos de programa estadístico Statgraphics centurión v.18

Tabla 41A

Análisis de varianza para humedad de granos de cacao seco fermentado

Fuente	S.c	g.L	C.M	Fc	Pv
Efectos principales					
A: Genotipos	2.205	1	2.205	220.50	0.0000
B: Tiempo de cosecha	0.48	2	0.24	24.00	0.0001
Interacción de factores					
AB	0	2	0	0.00	1.0000
Error	0.12	12	0.01		
Total	2.805	17			

Datos extraídos de programa estadístico Statgraphics centurión v.18

ANEXO 8

ANÁLISIS DE VARIANZA PARA PRUEBAS FÍSICAS DE CORTE DE LOS GRANOS DE CACAO SECO FERMENTADO

Tabla 42A

Análisis de varianza para granos bien fermentados de cacao

Fuente	S.c	g.L	C.M	Fc	Pv
Efectos principales					
A: Genotipos	56.8889	1	56.8889	18.29	0.0011
B: Tiempo de cosecha	4.11111	2	2.05556	0.66	0.5343
Interacción de factores					
AB	6.77778	2	3.38889	1.09	0.3675
Error	37.3333	12	3.11111		
Total	105.111	17			

Datos extraídos de programa estadístico Statgraphics centurión v.18

Tabla 43A

Análisis de varianza para granos semi fermentados de cacao

Fuente	S.c	g.L	C.M	Fc	Pv
Efectos principales					
A: Genotipos	18.0	1	18.0	11.57	0.0053
B: Tiempo de cosecha	12.4444	2	6.22222	4.00	0.0467
Interacción de factores					
AB	9.33333	2	4.66667	3.00	0.0878
Error	18.6667	12	1.55556		
Total	58.4444	17			

Datos extraídos de programa estadístico Statgraphics centurión v.18

Tabla 44A

Análisis de varianza para granos violetas fermentados de cacao

Fuente	S.c	g.L	C.M	Fc	Pv
Efectos principales					
A: Genotipos	3.55556	1	3.55556	4.57	0.0538
B: Tiempo de cosecha	4.77778	2	2.38889	3.07	0.0837
Interacción de factores					
AB	7.44444	2	3.72222	4.79	0.0296
Error	9.33333	12	0.777778		
Total	25.1111	17			

Datos extraídos de programa estadístico Statgraphics centurión v.18

Tabla 45A

Análisis de varianza para granos sobre fermentados de cacao

Fuente	S.c	g.L	C.M	Fc	Pv
Efectos principales					
A: Genotipos	4.5	1	4.5	13.50	0.0032
B: Tiempo de cosecha	0.444444	2	0.222222	0.67	0.5314
Interacción de factores					
AB	0	2	0	0.00	1.0000
Error	4.0	12	0.333333		
Total	8.94444	17			

Datos extraídos de programa estadístico Statgraphics centurión v.18

Tabla 46A

Análisis de varianza para granos pizarrosos fermentados de cacao

Fuente	S.c	g.L	C.M	Fc	Pv
Efectos principales					
A: Genotipos	0.0556	1	0.05556	0.11	0.7446
B: Tiempo de cosecha	0.1111	2	0.05556	0.11	0.8957
Interacción de factores					
AB	0.1111	2	0.05556	0.11	0.8957
Error	6.0	12	0.5		
Total	6.2778	17			

Datos extraídos de programa estadístico Statgraphics centurión v.18

Tabla 47A

Análisis de varianza para granos con moho fermentados de cacao

Fuente	S.c	g.L	C.M	Fc	Pv
Efectos principales					
A: Genotipos	0.5	1	0.5	1.50	0.2442
B: Tiempo de cosecha	0.7778	2	0.389	1.17	0.3444
Interacción de factores					
AB	1.0	2	0.5	1.50	0.2621
Error	4.0	12	0.333		
Total	6.2778	17			

Datos extraídos de programa estadístico Statgraphics centurión v.18

ANEXO 9

RESULTADOS DEL TEST DE FRIEDMAN PARA GRANOS DE CACAO SECO FERMENTADO

Tabla 48A

Valores de calificación de los panelistas para los atributos amargor y color

Panelistas	AMARGOR		COLOR	
	Aromático	CCN-51	Aromático	CCN-51
1	3	3	3	4
2	4	2	3	3
3	4	2	3	4
4	4	2	4	4
5	3	2	3	3
6	3	2	3	4
7	4	3	3	4
8	4	2	3	4
9	4	2	4	4
10	3	2	3	4
11	3	2	3	3
12	3	2	3	4
13	3	3	3	4
14	3	3	3	4
15	3	2	3	3

Tabla 49A

Valores de calificación de los panelistas para los atributos aroma y sabor

Panelistas	AROMA		SABOR	
	Aromático	CCN-51	Aromático	CCN-51
1	3	5	4	4
2	4	4	3	5
3	3	4	4	4
4	3	5	4	4
5	3	4	3	4
6	4	4	3	4
7	3	4	3	4
8	3	4	3	3
9	3	4	2	4
10	4	5	3	4
11	3	4	3	4
12	3	4	3	4
13	4	5	3	4
14	3	4	3	4
15	3	4	2	4

ANEXO 10

PANEL FOTOGRÁFICO



Figura 3A
Recolección del cacao CCN 51 y Aromáticos del fundo KATTY



Figura 4A
Cacao variedad CCN 51 y Aromáticos



Figura 5A
Descoque de las mazorcas de cacao



Figura 6A
Granos de cacao extraído de la mazorca



Figura 7A
Trituración de los granos de cacao para su posterior análisis fisicoquímico



Figura 8A
Determinación de pH en granos de cacao CCN 51 y Aromático



Figura 9A
Resultados de acidez titulable en granos de cacao CCN 51 y Aromático



Figura 10A
Prueba de corte en granos de cacao



Figura 11A
Resultados de la prueba de corte en granos de cacao



Figura 12A
Pruebas sensoriales del grano seco fermentado de cacao



Figura 13A
Panelistas evaluando las características del grano de cacao



Figura 14A
Muestras de cacao y panelistas en evaluación